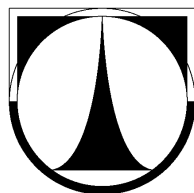


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



**Mikroskopie a jednoduchá databáze textilních
vláken**

The microscopy and simple database of textile fibres

č. 518

LIBEREC 2009

Bc. DANIELA JANDOVÁ

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne

.....

Daniela Jandová

Poděkování

Děkuji vedoucí své diplomové práce Ing. Martině Víkové za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Děkuji také svému konzultantovi Doc. Ing. Michalu Víkovi Ph.D. za odbornou pomoc a podněty při přípravě podkladů. V neposlední řadě patří můj dík Ing. Vladimíru Kovačičovi za ochotné poskytování informací a konzultací.

DĚKUJI

Anotace

Česká verze:

V této práci je popsána mikroskopie tak, jak začínala a postupně se vyvíjela, až k nejdokonalejším technikám současnosti. Největší díl je věnován konfokální mikroskopii. Je zde popsán princip činnosti mikroskopu, příprava vzorků a také ukázka samotného snímkování včetně možných chyb. Vyhodnocení dat týkajících se drsnosti povrchu vlákna v závislosti na počtu skenovacích kroků je znázorněno na grafech.

Druhá část práce se věnuje databázovým systémům. A to jak z teoretické stránky, kde jsou zaznamenány obecné informace o databázových platformách, tak i z hlediska praktického. Součástí této práce je funkční databáze snímků a vybraných vlastností základních vláken. Použité snímky byly pořízeny na konfokálním mikroskopu, světelném mikroskopu a skenovacím světelném elektronovém mikroskopu.

English version:

In this labour are described techniques of microscopy, history of microscopy and emergence to the most perfect techniques in presents. The biggest part is devoted to Confocal microscopy. There is described function of microscopy, prepare of samples and illustration of recording including scanning mistakes. Data evaluation about surface roughness in dependance on number of scanning steps.

In second part are information about systems of databases. Theoretic part records general information about database's platforms. Practical part form simple database including choice characteristics of basic fabrics. In database are photos from confocal microscopy, light microscope and SEM.

Klíčová slova

Česká verze:

Historie mikroskopie, druhy mikroskopie, laserový konfokální mikroskop, databázové systémy, tvorba databáze, Aplikace Microsoft Access, snímání metodou STEP, vyhodnocení křivek drsnosti,

English version:

History of microscopy, types of microscopy, laser confocal microscope, systems of databases, creation of database, Application Microsoft Access, recording with method STEP, evaluation of surface roughness data

Obsah

1. ÚVOD	7
2. HISTORIE.....	8
2.1. NEJSTARŠÍ ZÁZNAMY	8
2.1.1. SVĚTELNÝ MIKROSKOP.....	9
2.1.2. PRINCIP ČINNOSTI.....	10
2.1.3. ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST MIKROSKOPU	11
2.2. NOVÁ ČÁST DĚJIN	15
2.2.1. PRINCIP ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU	15
2.2.2. POPIS ČINNOSTI TRANSMISNÍHO ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU	16
2.2.3. SKENOVACÍ TUNELOVÝ MIKROSKOP	17
2.2.4. ATOMOVÝ SILOVÝ MIKROSKOP A SKENOVÁNÍ SONDOVÝ MIKROSKOP	17
3. LASEROVÝ RASTROVACÍ KONFOKÁLNÍ MIKROSKOP.....	19
3.1. PRINCIP ČINNOSTI.....	20
3.2. POZOROVÁNÍ TROJROZMĚRNÝCH OBJEKTŮ	20
3.3. VÝHODY KONFOKÁLNÍ MIKROSKOPIE.....	21
4. OLYMPUS LEXT OLS 3000.....	24
4.1. POČÍTAČOVÉ ZPRACOVÁNÍ OBRAZŮ A PROSTOROVÁ REKONSTRUKCE OBJEKTŮ	25
4.2. KONFOKÁLNÍ OBRAZY A ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST KONFOKÁLNÍHO MIKROSKOPU	26
5. VZNIK DATABÁZÍ	28
5.1. DEFINICE DATABÁZE	28
5.2. RELAČNÍ DATABÁZE	30
5.2.1. DOTAZOVACÍ JAZYKY.....	31
6. DRUHY POUŽÍVANÝCH SYSTÉMŮ	32
6.1. SPOLEČNÉ RYSY	32
6.2. DATABÁZOVÝ SYSTÉM INFORMIX	32
6.3. DATABÁZOVÝ SYSTÉM ORACLE	32
6.4. DATABÁZOVÝ SYSTÉM PROGRESS	33
6.5. SHRNUTÍ.....	34
7. APLIKACE OFFICE ACCESS.....	35
7.1. USPOŘÁDÁNÍ DATABÁZE	35
7.2. PROCES NÁVRHU	35
7.2.1. ZÁSADY	35
7.2.2. PROCES.....	36
7.3. TVORBA DATABÁZE.....	37
7.3.1. URČENÍ ÚČELU DATABÁZE	37
7.3.2. VYHLEDÁNÍ A USPOŘÁDÁNÍ POŽADOVANÝCH INFORMACÍ	37
7.3.3. ROZDĚLENÍ INFORMACÍ DO TABULEK.....	37
7.3.4. NĚKOLIK TIPŮ PRO URČENÍ SLOUPCŮ	38
7.3.5. ZADÁNÍ PRIMÁRNÍCH KLÍČŮ	38
7.3.6. VYTVOŘENÍ RELACÍ MEZI TABULKAMI	39
• VYTVOŘENÍ RELACE TYPU 1:N.....	40
• VYTVOŘENÍ RELACE TYPU N:N.....	40
• VYTVOŘENÍ RELACE TYPU 1:1.....	40
7.3.7. ÚPRAVA NÁVRHU	40
7.3.8. POUŽITÍ NORMALIZAČNÍCH PRAVIDEL	41
• PRVNÍ NORMALIZAČNÍ FORMULÁŘ	41
• DRUHÝ NORMALIZAČNÍ FORMULÁŘ	41
• TŘETÍ NORMALIZAČNÍ FORMULÁŘ.....	41
7.4. SOUČÁSTI DATABÁZE APLIKACE ACCESS	42

7.4.1. TABULKY	42
7.4.2. FORMULÁŘE	42
7.4.3. SESTAVY	42
7.4.4. DOTAZY	43
7.4.5. MAKRA	43
7.4.6. MODULY	44
8. PRAKTICKÁ ČÁST	45
8.1. PŘÍPRAVA PREPARÁTŮ	45
8.2. POZOROVÁNÍ	49
8.3. PROBLÉMY PŘI SNÍMÁNÍ	50
8.4. SNÍMKOVÁNÍ METODOU STEP	53
8.5. FINE	62
8.6. VLIV POČTU KROKŮ NA SNÍMÁNÍ	63
9. DISKUSE	64
10. DRSNOST	65
10.1. STŘEDNÍ KVADRATICKÝ SKLON KŘIVKY DRSNOSTI	66
11. DISKUSE	68
12. DATABÁZE VLÁKEN	70
12.1. PRÁCE S DATABÁZÍ VLÁKEN	70
13. ZÁVĚR	71
SEZNAM POŽITÉ LITERATURY	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.2

1. ÚVOD

Tato práce je v teoretické části zaměřena na mikroskopii a tvorbu databází. Praktická část je věnována databázi základních vláken a jejich hlavních vlastností. Snímky jsou pořízeny na třech základních typech dnes užívaných mikroskopů, jsou zde také zmíněny možné problémy vznikající při snímkování na laserovém konfokálním mikroskopu.

V části věnované mikroskopii je základní seznámení s historií a vývojem prvního světelného mikroskopu. Vznik dalších mikroskopických metod a základní popis dnes užívaných způsobů mikroskopie. Nejrozsáhlejší část je zde věnována laserovému konfokálnímu mikroskopu. V rámci této práce probíhalo i snímkování na tomto druhu mikroskopu a praktická část se zabývá výhradně prací s tímto mikroskopem.

Vzhledem k tomu, že část této práce tvoří i zpracovaná databáze základních vláken, je i jedna z teoretických částí věnována tvorbě databází. Jedná se o základní informace o programovacím jazyce databází SQL a programech, ve kterých se databáze nejčastěji tvoří. Rozsáhlejší kapitola je věnována Aplikaci Access, ve které je zpracována právě přiložená databáze.

V praktické části jsou ukázány problémy, které vznikají při snímkování laserovým konfokálním mikroskopem, pokud obsluha mikroskopu např. špatně nastaví některý z parametrů. Vzhledem k tomu, že konfokální mikroskop snímkuje jednotlivé roviny vzorku a vytváří z nich celkový obraz, je ukázáno, jak lze postupovat při snímání jednotlivých rovin vzorku. Během tohoto snímání byly také zaznamenány základní hodnoty měření. Součástí této práce jsou grafy znázorňující křivky drsnosti povrchu vlákna v závislosti na počtu kroků při snímání.

Dále je součástí praktické části zpracovaná databáze společně s textovým popisem a návodem k obsluze.

Na konci práce je pak vyhodnocení práce s laserovým konfokálním mikroskopem a připomínky k užívání Aplikace Access.

2. HISTORIE

2.1. NEJSTARŠÍ ZÁZNAMY

Zvětšovací skla a „zápalná skla“ jsou zmiňována již v dílech římských filosofů, Seneky a Plinia staršího, během prvního století před Kristem. Jejich využití však nebylo nijak významné, a to až do vynálezu brýlí koncem 13. století.

Pojmenování čočky pak vychází ze skutečné podobnosti se semeny čočky. První jednoduchý mikroskop byl pouze trubicí, na jejíž jedné straně byla čočka a na opačném konci pak deska na předmět.

Tento primitivní mikroskop byl schopen předmět zvětšit jen méně než na desetinásobek skutečné velikosti. Přístroj byl překřtěn na „bleší skla“, neboť pod ním byly sledovány výhradně blechy a jiní drobní živočichové.

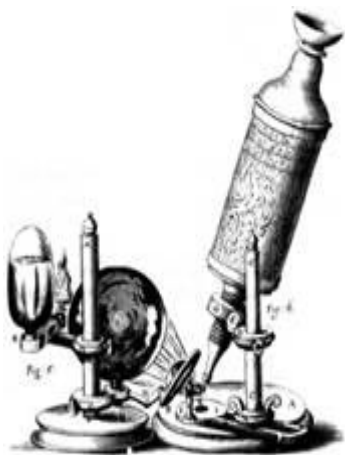
Asi v roce 1590 holandský řemeslník Zacharias Janssen a jeho syn Hans při výrobě brýlí experimentovali s několika čočkami v trubici. Zjistili, že se blízké předměty jeví silně zvětšené. Tak vznikl předchůdce složeného mikroskopu a teleskopu.

V roce 1609 Galileo, otec moderní fyziky a astronomie, uslyšel o těchto raných experimentech, vypracoval základy objektivu a vytvořil podstatně lepší přístroj s možností zaostření.

Dějiny mikroskopie, které neobyčejně výrazně obohatily lidské poznání, skutečně tedy začínají až 17. století.

První kapitulu vytvořil holandský obchodník a vědec-samouk Anthony van Leeuwenhoek (1632 – 1723). Začínal jako učeň ve skladu s textilním zbožím, kde byla zvětšovací skla používána k počítání nití v látce. Experimentoval s novými metodami broušení a leštění drobných čoček o velkém zakřivení, které jako jediné v té době byly schopny zvětšení až do 270ti násobku. Tyto objevy jej vedly ke zkonstruování mikroskopu (obr č.1) a k biologickým objevům, jimiž se proslavil. Byl prvním, kdo spatřil a popsal bakterii, kvasnice, hemživý život v kapce vody a cirkulaci krvinek v kapilárách.

Tento mikroskop byl stále ještě velice primitivní. V následujících stoletích se ale optika mikroskopu stále vylepšovala a van Leeuwenhoekovi pokračovatelé mohli díky zvětšení studovat nejen prvky a bakterie, ale i složení a činnost buňky.



1. nejstarší světelný mikroskop

Leeuwenhoekův anglický současník Robert Hooke (1635-1703), znovu potvrdil jeho objevy a také vyrobil kopii Leeuwenhoekova světelného mikroskopu jehož konstrukci následně zdokonalil. Významné bylo i jeho dílo *Micrographia*, v němž popsal v roce 1665 konstrukci mikroskopu s odděleným objektivem, okulárem a osvětlovacím zařízením.

V lékařském světě použil mikroskop např. Francouz Luis Pasteur, při objevu kvasinek, nebo Robert Koch, při objevu bacilů tuberkulózy a cholery.

V 19. století prožívá mikroskop dramatický vývoj. Přispěli k tomu především Carl Zeiss, který věnoval významné úsilí výrobě mikroskopů (výrobu zahájil ve své firmě roku 1847), Ernst Abbe, jehož jméno je spojováno s teoretickou studií optických principů a Otto Schott, který vedl výzkum optického skla. [5]

2.1.1. Světelný mikroskop

Světelný mikroskop, ať se jedná o jednoduchý mikroskop nebo složitý vědecký mikroskop, obsahuje tyto základní systémy:

- Ovládání vzorku – přidržení a manipulace se vzorkem
 - Stolek – místo, kde spočívá vzorek
 - Svorky – slouží k přidržení vzorku na stolečku.
- Osvětlení – osvětlení vzorku (nejjednodušším osvětlovacím systémem je zrcadlo, které odráží pokojové světlo skrz vzorek.)
- Objektiv – tvoří obraz

- Čočky objektivu – shromažďují světlo od vzorku
- Okulár – přenáší a zvětšuje obraz z čoček objektivu do oka
- Karusel – otočný stojan, nesoucí mnoho objektivů
- Tubus – udržuje okulár ve správné vzdálenosti od objektivu a blokuje rozptýlené světlo
- Zaostření – poloha objektivu ve správné vzdálenosti od vzorku
 - Šroub hrubého zaostření – slouží k přemístění objektu do roviny zaostření objektivu
 - Šroub jemného zaostření – slouží k jemnému zaostření obrazu
- Tubus je spojen s ramenem mikroskopu prostřednictvím ozubnice s pastorkem. Tento systém umožňuje zaostřit obraz při výměně objektivu nebo pozorovatelů a odsunout objektivy ze stolku při výměně vzorků.

Světelný mikroskop dosáhl ve 30. letech 20. století své teoretické hranice. Ani jakkoliv zdokonalenou variantu nelze použít k rozlišení předmětů, jež jsou menší než polovina vlnové délky světla. Bílé světlo má průměrnou vlnovou délku 0,55 mikrometrů. Jakékoliv dvě čáry, které jsou od sebe vzdáleny méně než 0,257 mikronů, se jeví jako jedna, a jakýkoliv předmět o průměru menším než 0,275 mikronů je neviditelný, nebo přinejlepším vypadá jako skvrna.

2.1.2. Princip činnosti

Zkoumané předměty lze vidět jen díky tomu, že zobrazující záření s nimi nějakým způsobem reaguje. Světlo může být pozorovaným objektem částečně absorbováno, jindy se spíše lomí, odráží nebo rozptyluje, při průchodu objektem se mění fáze světelného vlnění a někdy i jeho polarizace.

Některé objekty také mohou emitovat fluorescenci. Nakolik se libovolný z uvedených jevů bude podílet na vzniku obrazu, závisí v první řadě na optických vlastnostech objektu.

Skutečnou roli určitého optického jevu, a tím i vzhled obrazu, však nakonec určuje zejména volba mikroskopické techniky. K nejpoužívanějším patří:

- pozorování ve světlém poli (základní metoda),
- pozorování v temném poli,

- fázový kontrast,
- diferenciální interferenční kontrast,
- Hoffmannův modulační kontrast,
- interferenční mikroskopie,
- polarizační mikroskopie a fluorescenční mikroskopie.

K pozorování drobných částic pod mikroskopem bylo nutné světlo shromáždit dohromady a použít odlišný druh „osvětlení“ o kratší vlnové délce. Z toho vyplynula nutnost zkonstruovat mikroskop na jiném principu.

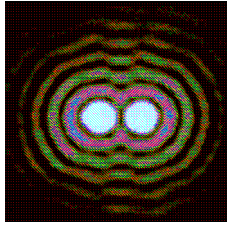
Místo světelného paprsku se využívá elektronový paprsek (tok rychlých elektronů), místo skleněné čočky čočka magnetická. První mikroskop na tomto principu byl vyvinut v Německu v roce 1931 a zasloužili se o to především Max Knoll a Ernst Ruska. Byl to tzv. prozařovací elektronový mikroskop (TEM – Transmission Electron Microscope), kdy elektronové paprsky procházely zkoumaným předmětem (urychlovací napětí až 20 kV) a vytvořily stínový obraz (jako např. při promítání diapozitivu).

Druhý typ elektronového mikroskopu, tzv. skenovací (SEM – Scanning Electron Microscope), se objevil v roce 1942, komerčně však byl používán až kolem roku 1965, kdy se podařilo zvládnout skenování (postupné bombardování elektrony) vzorku. U tohoto typu mikroskopu je nutné urychlovací napětí pro elektrony (60 až 80 kV) a jejich zvětšení je přibližně 30 000 násobné. [6]

2.1.3. Rozlišovací schopnost mikroskopu

Pod rozlišovací schopností mikroskopu se chápe minimální vzdálenost dvou bodů objektu, které se ještě zobrazí jako navzájem oddělené. Žádný objektiv nemůže zobrazit bodový objekt opět jako bod. I při dokonalé korekci všech možných vad zobrazení, které souvisí s technologií výroby objektivů, jsou obrazem bodu Airyho kroužky (obr č. 2). Nazývá se tak difrakční obrazec vznikající ohybem zobrazujícího se světla na čočkách objektivu.

Při zobrazení dvou blízkých bodů se mohou jejich Airyho kroužky překrývat, až se při jisté minimální vzdálenosti stanou téměř nerozlišitelnými. [6]



2. Airyho kroužky

Základními charakteristikami světelného mikroskopu jsou:

- rozlišovací schopnost
- hloubka ostrosti
- užitečné a celkové zvětšení

Rozlišovací schopnost objektivu

Rozlišovací schopnost objektivu d je definovaná jako vzdálenost dvou bodů, které jsou při pozorování mikroskopem od sebe jasně rozlišitelné.

Pro kolmé osvětlení platí:

$$d = \lambda / A$$

Pro šikmé osvětlení platí:

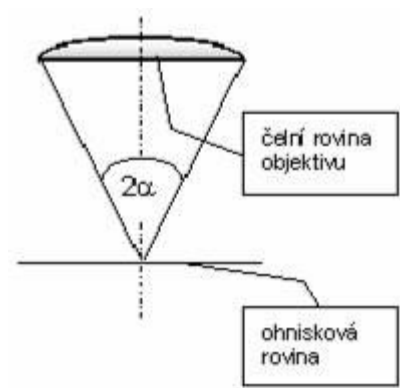
$$d = \lambda / 2A$$

kde d - rozlišovací schopnost objektivu
 λ - vlnová délka světla použitého pro osvětlení
 A - numerická apertura objektivu

Numerická apertura objektivu A je daná vztahem:

$$A = n \cdot \sin \alpha$$

kde n - je index lomu prostředí mezi objektivem a pozorovaným předmětem
 α - polovina otvorového úhlu objektivu (spojnice nejkrajnějších paprsků odražených od předmětu, které jsou objektivem zachycené - obr.č.3).



3. Otvorový úhel objektivu

Rozlišovací schopnost se zlepšuje (tj. snižuje se hodnota d) při použití objektivů s vyšší hodnotou numerické apertury A , při použití imerzních objektivů (zvýšení hodnoty indexu lomu n) a při použití světelných filtrů, propouštějících světlo s kratší vlnovou délkou (při bílém světle $\lambda = 600$ nm, při žlutozelené barvě $\lambda = 565$ nm, při modré barvě $\lambda = 455$ až 475 nm).

Index lomu

Index lomu optického prostředí n je veličina daná poměrem rychlosti světla ve vakuu c a rychlosti světla v v daném prostředí. Lom světla je graficky zachycen na obr. č.4.

Pro index lomu platí:

$$n = c / v$$

Index lomu vzduchu: $n = 1,000\ 272$

Index lomu vody: $n = 1,33$

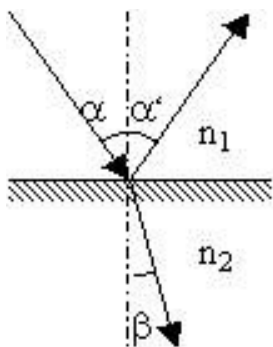
Index lomu imerzního oleje: $n = 1,52$

Zákon lomu:

Dopadá-li paprsek z prostředí s indexem lomu n_1 do prostředí s indexem lomu n_2 , dochází k lomu paprsku. Lomený paprsek zůstává v rovině dopadu. Úhel dopadu značíme α , úhel lomu značíme β .

Pro tyto úhly přitom platí:

$$\sin \alpha / \sin \beta = n_1/n_2$$



4. Lom světla

Hloubka ostrosti objektivu

Hloubka ostrosti objektivu H , je schopnost mikroskopu zobrazit předměty ležící mezi dvěma rovinami. Je nepřímo úměrná hodnotě numerické apertury. Metalografické mikroskopy jsou běžně vybavené aperturní clonou, kterou je možné regulovat kužel procházejících světelných paprsků. Zavřením aperturní clony se zvyšuje hloubka ostrosti, ale snižuje rozlišovací schopnost. Při větších zvětšeních (nad 300x) je přivření aperturní clony pro zabezpečení ostrosti často nevyhnutelné (závisí na kvalitě použitých objektivů). Při nadměrně zúžené cloně však vznikají dvojité obrysy (interferenční čáry) a obraz neposkytuje správnou představu o struktuře.

$$H = d / \operatorname{tg} \alpha$$

kde 2α je vstupní úhel použitého objektivu

Pro nejlepší objektivy jejichž otvorový úhel dosahuje hodnot až 80° platí, při uvažování ideální rozlišitelnosti lidského oka 0,3 mm, že maximální hodnota hloubky ostrosti, jenž je světelný optický mikroskop schopen dosáhnout, je cca 0,05 mm.

Celkové zvětšení mikroskopu

Celkové zvětšení mikroskopu se rovná součinu vlastního zvětšení okuláru (nejčastěji 10x) a objektivu.

$$Z_v \text{ celk. mikroskopu} = Z_v \text{ okuláru} \times Z_v \text{ Objektivu}$$

Užitečné zvětšení

Užitečné zvětšení Z_u :

$$Z_u = d_1 / d = (500 \text{ až } 1000) \cdot A$$

kde d_1 je rozlišovací schopnost lidského oka (v ideálním případě se rovná 0,3 mm při pozorování ze vzdálenosti 250mm).

Při použití suchého objektivu s numerickou aperturou A a při kolmém osvětlení světlem s vlnovou délkou $\lambda = 600 \text{ nm}$ je $Z_u = 500A$.

Pokud je třeba zjistit ve struktuře nové detaily, není účelné použít silnější okulár, který umožňuje větší celkové zvětšení než Z_u (po překročení Z_u se neobjeví nové detaily, jedná se o prázdné zvětšení - princip digitálního zoomu), ale musí se použít objektiv s větším zvětšením a s větší numerickou aperturou.

2.2. NOVÁ ČÁST DĚJIN

Tuto část dějin mikroskopie otvírá již zmíněný německý vědec Ernst Ruska (1906 – 1988), vynálezce elektronového mikroskopu, přesněji řečeno transmisního elektronového mikroskopu (TEM). Toto zařízení umožňuje zvětšení výrazně překračující možnosti optického mikroskopu, který je limitován délkou světelného paprsku (400 – 600 nm). [5]

2.2.1. *Princip elektronového mikroskopu*

Světelné paprsky jsou zde nahrazeny svazkem urychlených elektronů, jehož vlnová délka, výrazně nižší než vlnová délka světla, je závislá na urychlujícím napětí (lze dosáhnout 6 pm). Skleněné čočky, regulující sbíhavost a rozbíhavost paprsku světla u optického mikroskopu, jsou zde nahrazeny elektromagnetickými čočkami.

Schéma transmisního elektronového mikroskopu:

- osvětlovací a zobrazovací soustavy,
- ze zdrojové a ovládací soustavy,
- vakuové trubice.

2.2.2. Popis činnosti transmisního elektronového mikroskopu

Zrychlený, usměrněný proud elektronů emitovaný zdrojem je veden vakuem a probíhá tenkým mikroskopovaným vzorkem - zde se využívá toho, že se část elektronů odráží od atomů a molekul tvořících hmotu vzorku. Jejich opětovným soustředěním pomocí magnetové čočky se vytváří „stínový obraz“ mikroskopovaného vzorku. K jeho zviditelnění se u zdokonalených typů elektronových mikroskopů využívá stejného principu, na jehož základě vzniká obraz na monitoru počítače.

První jednoduchý transmisní elektronový mikroskop (TEM) zkonstruoval Ernst Ruska již v roce 1931. Vycházel přitom z teoretických poznatků a experimentů svých krajanů Ernsta Abbeho, jednoho ze zakladatelů firmy Carl Weiss, Jena a Hanse Busche. Hlavní poznatky však získal z práce francouzského teoretického fyzika Louise de Broglie, jenž v polovině 20. let minulého století formuloval základy vlnové mechaniky.

Ernst Ruska, který vystudoval elektrotechniku v Mnichově a Berlíně, se původně zabýval problematikou vysokého napětí v prostředí vakua. Od roku 1928, jak uvádí ve své autobiografii, se jeho zájem zaměřil na jevy magnetického pole ovlivňovaného silným elektrickým proudem. Studium těchto jevů se věnoval společně s profesorem Maxem Knollem. Na základě toho se mu podařilo vyvinout výše zmíněné magnetické čočky, což byl první krok ke konstrukci transmisního elektronového mikroskopu.

Vědecká veřejnost byla s prvním elektronovým mikroskopem seznámena zhruba před 70 lety. Tento mikroskop, umožňující do té doby nevídané zvětšení, začal jako první ve své vědecké práci uplatňovat Dr. Helmut Ruska, vynálezcův bratr.

Na konci 30. let vznikl poblíž Berlína Ústav elektronové optiky a v této době spatřily světlo světa i první transmisní elektronové mikroskopy, určené k prodeji dalším vědeckým pracovištím.

Válečná léta tomuto směru vědeckého bádání příliš nepřála, ale po roce 1945 byla činnost ústavu znovu obnovena. V první polovině 50. let Ernst Ruska a jeho spolupracovníci zkonstruovali vylepšený elektronový mikroskop Elmiskop 1, který vyráběla společnost Siemens a jehož služby k objevování „neviditelného světa“ využívalo na 1 200 vědeckých institucí a univerzit po celém světě.

V roce 1957 se Ernst Ruska stal ředitelem nově založeného berlínského Ústavu pro elektronovou mikroskopii, přičemž současně působil jako profesor na Technické

univerzitě v Berlíně.

Výsledný obraz, jehož lze docílit transmisním elektronovým mikroskopem, může být až stotisíckrát větší než pozorovaný předmět. Podle způsobu zobrazování se elektronové mikroskopy dnes dělí na

- transmisní,
- emisní,
- odrazové (v praxi málo používané),
- řádkovací (skenovací či rastrovací).

Elektronový mikroskop se stal cenným nástrojem v řadě vědeckých odvětví, od mikrobiologie a medicínu po fyziku a technologii materiálů. Díky němu byly s vysokou rozlišovací schopností studovány jednotlivé části buňky i pochody, které v nich probíhají, stejně jako např. povrch a struktura řady materiálů.

2.2.3 . Skenovací tunelový mikroskop

Na základě revolučních prací na poli elektronové mikroskopie vyvinuli Gerd Binnig a Heinrich Rohrer ve švýcarském výzkumném pracovišti IBM v Zurichu skenovací tunelový mikroskop (Scanning Tunneling Microscope, STM).

Tato metoda, lety neustále vylepšovaná, umožnila lidskému oku nahlédnout na povrch hmoty v rozměru nanometru. Skenovací tunelové mikroskopie se začalo využívat nejen v mikroelektronice (zvláště ke studiu a konstrukci polovodičů), ale především připravila půdu pro rozvoj nanotechnologie.

2.2.4. Atomový silový mikroskop a skenování sondový mikroskop

Vývoj elektronové mikroskopie ovšem nekončí. Mezi nejvýznamnější inovace patří dále především atomový silový mikroskop (Atomic Force Microscope, AFM) a skenovací sondový mikroskop (Scanning Probe Microscope, SPM), který kombinuje metody STM a AFM. Jednou z jeho modifikací je například chemický silový mikroskop (Chemical Force Microscope, CFM), sloužící k pozorování vazeb mezi jednotlivými molekulami.

2.3. ZÁVĚR

Na počátku stála zvědavost člověka zjistit, jak vypadají objekty, které jsou pouhým okem sotva viditelné. Již římsí filosofové objevili, že správně vybroušený kousek skla může pozorovaný objekt zvětšit a umožňuje tak lépe zkoumat jeho povrch. V roce 1590 proběhly první pokusy s více čočkami a bylo zjištěno, že správné poskládání více čoček umožňuje vícenásobné zvětšení. Pak už byl jen malý krůček k objevu, že i správně dopadající a lomené světlo napomáhá k dalšímu zvětšení a zkvalitnění obrazu. Světelný mikroskop se v průběhu století stále vylepšoval.

Nakonec však přece jen přestal vědcům stačit a bylo nutné pokročit dále. V roce 1931 tedy Ernst Ruska zkonstruoval první transmisní elektronový mikroskop, který již nebyl omezen délkou světelného paprsku (400 – 600 nm). Místo světla totiž vzorkem prochází elektronové paprsky jejichž urychlovací napětí je až 20 kV.

Další objevy již na sebe nenechaly dlouho čekat. Tzv. elektronový skenovací mikroskop se objevil již v roce 1942, komerčně však byl používán až kolem roku 1965. U tohoto typu mikroskopu je nutné urychlovací napětí pro elektrony 60 až 80 kV.

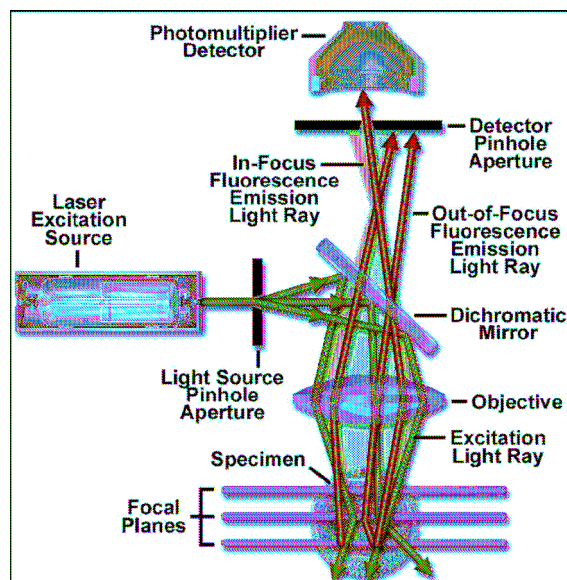
Trojice vědců, Ruska, Binning a Rohrer, získala v roce 1986 Nobelovu cenu za fyziku. Polovina náležela Ernestu Ruskovi „za fundamentální práce na poli elektronové optiky a za objev elektronového mikroskopu“, o druhou polovinu se rozdělili Gerd Binning a Heinrich Rohrer - „za konstrukci skenovacího tunelového mikroskopu“. [2]

3. LASEROVÝ RASTROVACÍ KONFOKÁLNÍ MIKROSKOP

(Laser Scanning Confocal Microscope)

Idea konfokálního mikroskopu pochází od Marvinu Minského, který si ji patentoval již r. 1957. V té době však zůstala bez odezvy, neboť Minsky nenašel vhodný zdroj světla pro konstrukci funkčního přístroje. O deset let později M. Petrář a M. Hadravský z Lékařské fakulty UK v Plzni patentovali konfokální mikroskop na bázi rotujícího Nipkowova kotouče. S tímto přístrojem (v odborné literatuře je znám pod názvem Tandem Scanning Confocal Microscope) byly poprvé získány kvalitní optické řezy silným preparátem, konkrétně mozkovou tkání. Tandemový konfokální mikroskop však nebyl v praxi nakonec příliš rozšířen.

Éra konfokální mikroskopie začíná až koncem sedmdesátých let, kdy byl zkonstruován první spolehlivý konfokální mikroskop s rozmítaným laserovým paprskem. Nikoli náhodou to bylo ve stejné době, kdy se staly běžně dostupnými výkonné minipočítače. Nyní je na trhu zhruba 10 verzí konfokálního mikroskopu.



5. schéma Laserového konfokálního mikroskopu

3.1. PRINCIP ČINNOSTI

Termín confocal - konfokální znamená "mající společné ohnisko" a označuje se jím optické uspořádání, ve kterém jsou objektiv a kondensor zaostřeny na stejný bod a mohou být tvořeny jednou čočkou.

Pozorovaný vzorek je osvětlován bodovým zdrojem světla. Tím je laserový paprsek fokusovaný na clonku, která je pak objektivem mikroskopu zobrazena na vzorek, do bodu o průměru rovnající se rozlišovací schopnosti objektivu (tzv. difrakční mez). Tentýž objektiv pak sbírá světlo vzorkem odražené nebo rozptýlené, popřípadě jeho fluorescenci. Po zpětném průchodu tohoto sekundárního záření objektivem vznikne další obraz bodové clonky, který je pomocí děliče paprsků lokalizován před fotonásobič. V tomto prostoru se nachází druhá, konfokální bodová clonka, blokující detekci záření pocházejícího z míst vzorku mimo rovinu, do které je mikroskop právě zaostřen. Obraz celé zaostřené roviny je získán rastrováním bod po bodu, způsobem, který je v zásadě podobný tomu, jakým svazek elektronů vytváří obraz na televizní obrazovce.

Existují tři základní metody rastrování: cestou rozmítání laserového paprsku nebo příčným posouváním vzorku před objektivem, popřípadě posouváním objektivu nad vzorkem.

3.2. POZOROVÁNÍ TROJROZMĚRNÝCH OBJEKTŮ

Skutečné mikroskopické objekty jsou trojrozměrné, čímž se míní, že mají konečnou tloušťku. Teoretické rozlišovací schopnosti mikroskopu lze plně využít jen v případě vzorků o tloušťce menší, než je hloubka ostrosti objektivu, která závisí na jeho numerické apertuře ($Z_{\min} = 0,25 \lambda / NA^2$).

Při zkoumání silných vzorků, například tkáňových řezů nebo velkých buněk, je kvalita zobrazení, a tím i praktická rozlišovací schopnost mikroskopu, nepříznivě ovlivňována překrýváním obrazu roviny, do níž je mikroskop právě zaostřen, s neostrými obrazy rovin ležících nad ní a pod ní. Rušivého zamlžení obrazu zářením z mimo ohniskových rovin se lze do značné míry zbavit pomocí konfokální mikroskopie.

3.3. VÝHODY KONFOKÁLNÍ MIKROSKOPIE

Zásadním rozdílem mezi světelným mikroskopem a konfokálním mikroskopem je použití odlišných zdrojů světla. Konfokální mikroskop Olympus LEXT používá jako světelného zdroje laserový paprsek o vlnové délce 408 nm, zatímco světelný mikroskop využívá světelného zdroje, jenž vyzařuje světelný paprsek v širokém pásmu světelné délky. Z těchto rozdílů pak vyplývají fyzikální možnosti jednotlivých druhů mikroskopů.

Rozlišovací schopnost klasických optických mikroskopů je omezena interferenčními jevy na cca 0,2 μm , přičemž tato hranice je v praxi obtížně dosažitelná a to zvláště u silnějších preparátů.

Nepříznivě se projevuje jednak obvykle používané bílé světlo, které je směsí různých vlnových délek, a také vliv parazitního osvětlení (z nezaostřených rovin přichází mnohem více světla než z roviny zosťrené). Naproti tomu laserové záření, jehož je použito jako bodového světelného zdroje, umožňuje dosáhnout mimořádně ostrého a vysoce kontrastního obrazu, který svými obrazovými parametry umožňuje získat z pozorovaného obrazu velké množství informací.

Svou velkou hloubkou ostroty obrazu dokáže laserový konfokální mikroskop v určitém rozsahu zvětšení hodnotně nahradit elektronový řádkovací mikroskop, neboť zkoumané struktury nacházející se nad a pod rovinou fokusace nemají téměř žádný vliv na kvalitu výsledného obrazu.

Hlavní a zásadní výhodou konfokální mikroskopie je možnost prostorové rekonstrukce mikroskopických objektů, která se vytvoří z několika desítek až stovek optických řezů jedním objektem, postupně snímaných při plynule se měnící hloubce zaostření. Této význačné vlastnosti konfokálního mikroskopu lze využít zejména při sledování povrchových vlastností materiálů (povrchové morfologii), povrchových defektů, identifikačních zkoušek, stop opotřebení při různých materiálových zkouškách (tribologických stop, vrypů při scratch testech, impaktů při impact testech) apod.

Běžné konfokální laserové rastrovací mikroskopy zpravidla získávají 3D zobrazení tak, že skládají mnohonásobná zobrazení ploch, získaná z rastrovacích komponentů jejich výšek, po pravidelných submikronových krocích. LEXT naproti tomu používá inteligentní softwarovou funkci výpočtu ohnisek (CFO), která k vytvoření celé plochy vzorku vybírá pouze nejlepší ohniskové plochy. Toto nejen že velmi urychluje výpočetní operace, ale rovněž dává velmi kvalitní konečné zobrazení, díky

zjištění nejlepšího ohniska pro každou jednotlivou vybranou plochu.

Olympus LEXT překračuje rámec konvenční mikroskopie tím, že představuje velmi výkonný 3D metrologický nástroj, neboť u pozorovaných struktur lze změřit jejich velikost ve všech třech osách.

Měření v režimu 2D je možné v rozsahu šířky od 1,5 mm do 1 μm (1 zorné pole), což umožňuje provádět geometrické analýzy součástí, tzn. měření vzdálenosti definovaných bodů, měření úhlů a průměrů.

V 3D režimu je možné měřit výšky v rozsahu 1 mm do 0,5 μm . Díky tomu je možné prostorové měření povrchu plochy nebo objemu. K dalším možnostem měření patří přesné určení drsnosti povrchu až do úrovně R_z 0,1 μm , liniová i plošná analýza drsnosti.

Jelikož při měření drsností a profilů pomocí laserového konfokálního mikroskopu nedochází k destrukci ani ke kontaktu s měřeným povrchem, lze jím měřit různé tenké povlaky a značně profilově nerovnoměrné povrchy (např. křehké lomy). Opakovatelnost měření je do 0,020 μm s opakovatelností osy z do 0,052 μm .

Pro účely zajištění jakosti nabízí Olympus LEXT analýzu drsnosti, měření výšky a objemovou analýzu.

Rozsah zvětšení laserového konfokálního mikroskopu Olympus LEXT se pohybuje od 120x do 14 400x s rozlišením 0,12 μm . Na rozdíl od řádkovacího elektronového mikroskopu není potřeba žádné vakuové komory, neboť vzorky se umisťují přímo na mikroskopický stolek, který je v případě modelu OLS30-CS150AS100 plně automatický, což umožňuje automaticky naskenovat celý povrch snímaného vzorku.

Vzorek nemusí být vodivý a nedochází k jeho degradaci tak, jako u elektronového mikroskopu vlivem elektronového svazku. Výhodou oproti řádkovací elektronové mikroskopii je také možnost pozorovat zkoumaný objekt ve skutečných barvách, neboť LEXT je první systém, který umožňuje získat nejen fixní, ale i simultánní zobrazení vzorků ve skutečných barvách tím, že kombinuje laserové 3D zobrazení s plnobarevným zobrazením ve světlém poli.

Další velkou výhodou je možnost využít laserový paprsek společně s tradičními mikroskopickými technikami (pozorování ve světlém a tmavém poli, polarizovaném světle a D.I.C interferenční kontrast), a to jak v režimu video – „živý“ obraz, tak i v režimu laserového konfokálního zobrazení. Tento nový konfokální laserový D.I.C režim je zvláště užitečný pro zvýraznění jemných texturových změn při analýze povrchů.

Shrnutí předností konfokální mikroskopie:

- Vysoké axiální rozlišení při vysoké ostrosti obrazu
- Možnost optických řezů a pozorování průhledných vzorků i pod povrchem
- Konstrukce trojrozměrných obrazců
- Bezkontaktní povrchová profilometrie (i málo odrazivých materiálů)
- Možnost snímání barevného obrazu ve skutečných barvách
- Možnost pozorování nevodivých materiálů
- Možnost pozorování porézních materiálů – není potřeba vytvoření vakua
- Možnost použití obrazové analýzy
- Možnost využití klasických metod světelné mikroskopie (světlé a tmavé pole, Nomarského diferenciální kontrast, fázový kontrast, polarizační a fluorescenční mikroskopie atd.)
- Možnost pozorování živých exemplářů bez nutnosti jejich usmrcení.
- Nedochozí k degradaci vzorku
- Jednoduchá výměna vzorků
- Jednoduchá obsluha

Z toho je tedy zřejmé, že konfokální mikroskopie tvoří logický přechod mezi optickou světelnou mikroskopií a elektronovou řádkovací mikroskopií. [1,3]

4. OLYMPUS LEXT OLS 3000

Katedra textilních materiálů Textilní fakulty v Liberci má k dispozici konfokální laserový rastrovací mikroskop OLYMPUS LEXT OLS 3000, umožňující submikronové zobrazení povrchů materiálů a součástí s nestandardním rozlišením 0,12 μm , se schopností přesného trojrozměrného měření. Rozsah zvětšení od 120x do 14.400x zaplňuje mezeru mezi klasickými světelnými a elektronovými rastrovacími mikroskopy (SEM).

Na rozdíl od SEM popř. AFM (rastrovací mikroskopy na principu měření atomárních sil), se v systému LEXTu mohou vzorky umísťovat přímo na mikroskopický stolek, bez nutnosti použití vakuové komory.

LEXT nabízí schopnost simultánního zobrazování vzorků ve třech rozměrech a ve skutečných barvách tím, že v systémovém počítači kombinuje získané laserové 3D zobrazení s plnobarevným zobrazením ve světelném poli, což je užitečné při pozorování barevných vzorků. Tato nová technologie se ideálně hodí nejen pro výrobu komponentů s velmi malou tolerancí (automobilových součástek, keramiky, plastů, kovů), ale i SMART textilií a textilií z nanovláken. Pro účely zjišťování jakosti nabízí analýzu drsnosti, měření výšky a objemovou analýzu. Schopnost systému LEXT rovněž dobře poslouží při analýze poruch, kde lze snadno získat měření s vysokým rozlišením.

Optika i mechanická konstrukce klasických mikroskopů se neustále zdokonaluje. Ovšem zásadní přínos znamenalo až spojení televizní a následně CCD kamery (Charge Coupled Devices) s klasickým světelným mikroskopem. Možnost pohodlného pozorování obrazu na monitoru přináší ve svých důsledcích zvýšení efektivnosti výzkumné, případně kontrolní činnosti, při snížené únavě zraku a zvýšeném komfortu ovládání. Navíc je možno obraz (statický i pohyblivý) pohotově zaznamenávat na různá záznamová média.

Hlavní přínos CCD kamery však spočívá v možnosti následné digitalizace obrazu a z toho vyplývající možnosti jeho zpracování a analýzy pomocí osobního počítače. Teprve principiálně nové mikroskopické metody však umožnily překonat omezení vyplývající z ohybových jevů při vzniku obrazu v klasickém mikroskopu a poskytly navíc také informace o složení a struktuře pozorovaného objektu.

Rozlišovací schopnost klasických optických mikroskopů je interferenčními jevy omezena na cca 0,2 μm , přičemž tato hranice je v praxi obtížně dosažitelná a to zvláště u silnějších preparátů. Nepříznivě se projevuje jednak obvykle používané bílé světlo, které je směsí různých vlnových délek, a také vliv parazitního osvětlení (z nezaostřených rovin přichází mnohem více světla než z roviny zaostřené). Jinými slovy, zaostřený obraz se překrývá s rozmazanými obrazy struktur nacházejících se mimo zaostřenou rovinu. Obzvláště nepříznivý je tento jev při fluorescenční mikroskopii. Optické řádkovací mikroskopy s laserovým osvětlením (Laser Scanning Microscopes LSM) přinesly zvýšení rozlišovací schopnosti.

Konfokální laserové řádkovací mikroskopy (Confocal Laser Scanning Microscopes - CLSM) umožňují navíc rekonstruovat trojrozměrné zobrazení (3D Image), a to i ve věrných barvách. [4]

4.1. POČÍTAČOVÉ ZPRACOVÁNÍ OBRAZŮ A PROSTOROVÁ REKONSTRUKCE OBJEKTŮ

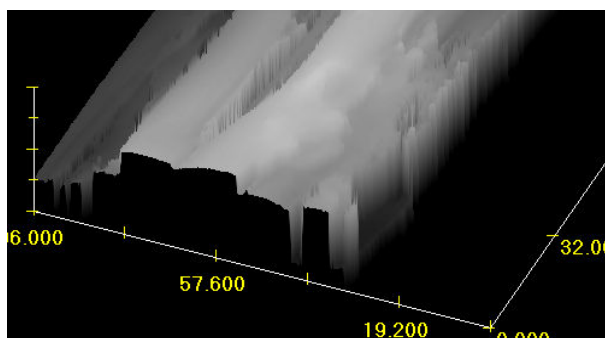
Konfokální obrazy optických řezů vznikají v číselné (digitální) formě a lze je proto dále upravovat všemi běžnými způsoby počítačového zpracování obrazů. Specialitou konfokální mikroskopie je možnost prostorové rekonstrukce mikroskopických objektů (obr č.6), opírající se o několik desítek až stovek optických řezů jedním objektem, postupně snímaných při plynule se měnící hloubce zaostření.

Ze souboru optických řezů lze mimo jiné generovat stereoskopické páry – zvětšené obrazy celého trojrozměrného objektu viděné pravým a levým okem. Stereoskopické páry skýtají velmi působivé plastické obrazy preparátů.

Ze souboru horizontálních řezů lze také rekonstruovat vertikální optické řezy vzorkem. Vertikální řezy se ovšem dají získat i přímým způsobem, vhodnou volbou rastrovacího algoritmu mikroskopu.

Další, poměrně nová metoda konfokální mikroskopie, spočívá v současném snímání fluorescenčních obrazů pomocí tří fotonásobičů se spektrálními filtry pro modrou, zelenou a červenou barvu. Rekombinací dílčích obrazů v základních barvách získáme optický řez v reálných barvách emitované fluorescence.

Unikátní schopnosti konfokálního mikroskopu zobrazovat preparáty s trojrozměrným rozlišením se využívá při studiu povrchových vlastností materiálů. V reflexním modu zobrazování se zkoumá textura a složení povrchů i eroze materiálů.



6. 3D výstup z laserového konfokálního mikroskopu (Inné vlákno v podélném pohledu)

Konfokálním mikroskopem se vyhodnocují výsledky mikrotestů tvrdosti kovů i plastických materiálů, měří se výška strukturních elementů na polovodičových čípech.

Biologie a lékařský výzkum těží ze skutečnosti, že konfokální mikroskopie je ve své podstatě neinvazivním a nedestruktivním způsobem studia prostorové struktury buněk a tkání. Příkladem, kdy konfokální mikroskopie bezesporu převyšuje možnosti metod klasické mikroskopie, může být studium složité architektury neuronových sítí v mozkové tkáni (používá se klasické Golgiho metody kontrastování neuronů částčkami stříbra, které ideálně odrážejí světlo). V mnoha případech je zlepšení kontrastu při konfokální mikroskopii tak dramatické, že se vyjeví buněčné struktury, které při použití klasického mikroskopu nejsou vůbec pozorovatelné.

4.2. KONFOKÁLNÍ OBRAZY A ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST KONFOKÁLNÍHO MIKROSKOPU

Při rastrování je měřená intenzita světla registrována počítačem spolu s informací o souřadnicích analyzovaného bodu.

Díky prostorové filtraci záření dopadajícího na detektor neobsahuje obraz vytvořený počítačem neostře pozadí pocházející z mimofokálních oblastí vzorku. V tomto smyslu jsou konfokální obrazy vždy zaostřené a představují optické řezy vzorkem.

S objektivem o numerické apertuře $\sim 1,3$ a při použití modrozelené čáry argonového laseru ($\lambda = 488 \text{ nm}$) činí tloušťka optických řezů asi $0,4 \text{ m}$. Prostým

vertikálním posouváním vzorku vůči objektivu je navíc umožněno pozorovat optické řezy v různých hloubkách pod povrchem.

Potlačení mlhavého pozadí obrazu a optická tomografie (zobrazování rovinných řezů vzorkem) nejsou jediným přínosem konfokálního zobrazování. Teoretická rozlišovací schopnost konfokálního mikroskopu se totiž nezakládá na Rayleighově kritériu, jelikož konfokální obraz objektu vzniká postupným skládáním z jednotlivých bodů, které jsou navíc pozorovány přes clonku, jejíž rozměry bývají menší než průměr Airyho kroužků. Je-li průměr konfokální clonky roven nejvýše $1/4$ průměru centrálního maxima Airyho kroužku, je rozlišovací schopnost konfokálního mikroskopu přibližně o faktor 1,4 lepší než rozlišovací schopnost standardního mikroskopu o stejné numerické apertuře objektivu.

U metody sériového snímání obrazových bodů vznikají také určité potíže. Každé měření intenzity světla je zatíženo statistickým šumem, jehož velikost je úměrná $\sqrt{N/N}$, kde N je počet detegovaných fotonů. Je proto zřejmé, že čím slabší je detegované světelné záření, tím horší bude relativní přesnost stanovení intenzity v sousedních bodech, tj. obrazový šum.

Zejména při fluorescenční konfokální mikroskopii bývá maximální intenzita záření omezena nežádoucím zvyšováním rychlosti fotochemických reakcí fluoreskujících molekul, po nichž mizí fluorescence (anglicky “photobleaching”).

Jestliže intenzitu laserového záření nemůžeme libovolně zvyšovat, musíme zvýšit dobu akumulace signálu, pokud chceme dosáhnout přijatelné úrovně šumu. Běžná doba snímání jednoho optického řezu s rozlišením 512×512 bodů o 256 úrovních jasu se pohybuje od 0,5 do desítek sekund. To ovšem znamená, že při konfokální fluorescenční mikroskopii slabě zářících objektů nelze z principiálních důvodů dosáhnout zároveň vysokého prostorového i časového rozlišení. [12]

5. VZNIK DATABÁZÍ

5.1. DEFINICE DATABÁZE

Databáze je propracovaný systém pro ukládání dat a jejich následné zpracování. Databáze obsahuje data uložená na paměťovém médiu. Tato data mezi sebou mají určité vztahy a jsou určitým způsobem členěna. V širším pojetí spadají do pojmu databáze i nástroje, které s daty pracují (ukládají, mění a mažou).

Mnoho databází vzniká jako seznam v textovém editoru nebo tabulkovém procesoru. Jak seznam narůstá, začínají se v datech objevovat redundance a nekonzistence. Data ve formě seznamu se stávají obtížně srozumitelnými a je jen málo způsobů, jak vyhledávat nebo načítat jejich podmnožiny pro prohlížení. Jakmile se začnou objevovat problémy, je vhodné data přenést do databáze vytvořené v systému pro správu databází (DBMS). Na internetu se databáze používají při programování webových aplikací.

Data by samozřejmě bylo možné uložit i do souboru, databáze však obvykle fungují mnohem rychleji, bývají optimalizovány pro přístup více uživatelů a obsahují mechanismy, které práci s daty usnadňují.

Počítačová databáze je kontejnerem objektů. Jedna databáze zpravidla obsahuje více než jednu tabulku.

Správně vytvořená databáze umožňuje:

- přidávat nová data,
- upravovat existující data,
- odstraňovat informace,
- uspořádávání a zobrazování dat jinými způsoby,
- sdílení dat s jinými uživateli prostřednictvím sestav, e-mailových zpráv, intranetu nebo Internetu.
- přístup k aktuálním a přesným informacím.

Pro dosažení požadovaných výsledků při práci s databází je nezbytný správný návrh, tak aby databáze splňovala všechny požadavky.

Databázový systém vzniká spojením systému řízení báze dat (SŘBD) a vlastní báze dat. Dnes nejrozšířenějším modelem je databáze relační. Dále je využíván také objektový a objektově-relační přístup k databázím.

Databázový server je název softwaru, který řídí jednotlivé databáze. Provádí takové operace, jako je autorizace uživatelů, poskytování a vracení dat, jejich organizace, sdílení po síti a správu. Slovo "server" se používá pro zdůraznění toho, že celé řešení je síťové, nebo proto, aby se odlišil od "klienta".

Databázový klient - je název libovolného softwaru, který s databázovým serverem komunikuje (tzn. buď mu předává nějaká data k uložení, nebo po něm data vyžaduje). Typicky se může jednat o řádkového klienta, o webovou stránku zobrazující data, o obchodní aplikaci nebo o cokoli podobného. Slovem "klient" v takovém případě vyjadřujeme buď závislost na databázi (tzn. bez serveru by existence klienta byla k ničemu), nebo fakt, že může běžet "oproti" serveru; často v jiném PC v počítačové síti.

Nejjednodušší typ databáze je lokální databáze, která je umístěna pouze na jednom počítači. Tato databáze se pravděpodobně bude skládat z jedné tabulky. K této tabulce přistupuje pouze uživatel svým programem. Všechny provedené změny budou zapsány přímo do této tabulky.

Jsou také databáze typu klient/server. Tyto databáze jsou uloženy a udržovány na počítači serveru a může k nim přistupovat jeden nebo více uživatelů (klientů). Používání tohoto typu databází je prováděno prostřednictvím sítě. Protože uživatelů bývá obvykle více, může se jich najednou pokusit více o přístup k databázi. Tím vznikají problémy souběžného databázového přístupu. Uživatel tohoto typu databáze nikdy nepracuje s databází přímo. Přistupuje k databázi pomocí aplikace spuštěné na lokálním počítači. Tyto aplikace (nazvané klientské aplikace) zajišťují dodržování jistých pravidel a nedovolí udělat nic, co by databáze nedokázala zpracovat.

Lokální databáze jsou také nazývány jednovrstvové databáze. Tedy takové, ve kterých jsou všechny změny (jako je editace dat, vkládání záznamů nebo rušení záznamů) provedeny bezprostředně. Program má přímé připojení k databázi.

U dvouvrstvových databází, klientská aplikace pracuje s databázovým serverem prostřednictvím databázových ovladačů. Databázový server je zodpovědný za vytvoření připojení. Klientská aplikace odpovídá za to, že do databáze budou zapsány správné informace.

Ve vícevrstvé architektuře klient/server, klientská aplikace využívá aplikační služby databázového serveru. Tyto programy střední vrstvy se nazývají serverové aplikace, protože slouží klientským aplikacím. Jedna aplikace může zodpovídat za zpracování datových požadavků klientů a jejich předání serveru. Jiná aplikace může zajišťovat bezpečnost dat.

Klientské aplikace běží na lokálních počítačích, serverové aplikace obvykle na serveru a samotná databáze může být i na jiném serveru. Idea vícevrstvé architektury je, že klientské aplikace mohou být velmi malé, protože většinu práce provedou serverové aplikace. Toto umožňuje vytvářet aplikace, které nazýváme tenký klient.

Jiný důvod k použití vícevrstvé architektury je správa programovacích zdrojů. Klientské aplikace mohou být vytvářeny i méně zkušenými pracovníky, protože tyto aplikace pracují se serverovými aplikacemi, které řídí přístup k samotné databázi. Serverové aplikace vytvářejí zkušení programátoři, kteří znají pravidla se kterými databáze musí pracovat a musí také zajistit bezpečnost dat. [9,10]

5.2. RELAČNÍ DATABÁZE

Relační databáze je databázový systém, který je založen na relačním modelu dat a relační algebře. Data jsou uspořádána do tabulek (relací), nad kterými jsou definovány přípustné operace.

Software pro řízení databáze se obvykle nazývá Relational database management systém, zkráceně RDBMS. Někdy se také používá český překlad tohoto označení – Systém řízení báze dat neboli SŘBD. Jazykem pro ovládání databáze je v současné době obvykle SQL, strukturovaný dotazovací jazyk.

Aby mohl být nějaký programový systém označený za SŘBD, musí být jednak schopen efektivně pracovat s velkým množstvím dat, ale také musí být schopný řídit (vkládat, modifikovat, mazat) a definovat strukturu těchto dat (čímž se liší od prostého souborového systému).

V současnosti používané databázové systémy mají i mnoho dalších charakteristických vlastností:

- podporu pro definici datových modelů (příklad typů datových modelů: relační, logický),
- využití některého jazyka vyšší úrovně pro manipulaci a definici dat (např. SQL,

QBE, datalog),

- autentizaci uživatelů a autorizaci operací s daty,
- správu transakcí,
- robustnost a zotavitelnost po chybách bez ztráty dat.

5.2.1. Dotazovací jazyky

S relačními databázovými systémy se samozřejmě začaly vyvíjet a postupně zdokonalovat dotazovací jazyky. V praxi se můžeme setkat se dvěma koncepty dotazovacích jazyků:

- koncept QBE (Query By Example)
- koncept SQL (Structured Query Language)

Při práci s QBE jde spíše o jednoduchý zápis dotazu do navrženého schématu (formuláře) než o "programování". Koncept QBE tak umožňuje rychle vytvářet dotazy i běžným uživatelům, nejen odborníkům. Původní vznik konceptu QBE byl spojen s firmou IBM už v 70. letech, později jej uplatnila velmi kvalitně firma Borland v produktu Paradox.

V letech 1974 až 1975 probíhal ve firmě IBM výzkum týkající se možnosti využití relačních databází. Pro tento projekt vznikl jazyk SEQUEL (Structured English Query Language), který měl co nejvíce napodobovat běžný jazyk (angličtinu). IBM svůj jazyk dále vylepšoval a začaly vznikat i databázové platformy dalších firem. V těchto systémech se používaly různé verze jazyka SEQUEL, který se později přejmenoval na SQL.

Jazyk SQL byl postupně přijat jako standard různými výrobci databázových aplikací a stal se tak spojovacím článkem mezi různými systémy. V koncepci klient/server se dotazy specifikují na straně klienta, odesílají na stranu serveru, který dotaz v jazyce SQL realizuje a výsledek pošle zpět uživateli na straně klienta. Většina významných databázových platform dnes jazyk SQL podporuje.

Jazyk SQL můžeme částečně využít pro samotný vývoj databázových aplikací, ale jinak slouží především jako dotazovací jazyk pro práci s údaji v relační databázi.

Velmi častým programem pro vytváření databází je systém MySQL, který vyvinula švédská společnost TcX. Jedná se o systém správy relačních databází střední úrovně spouštěný ve více vláknech (podprocesech). [10]

6. DRUHY POUŽÍVANÝCH SYSTÉMŮ

Mezi dnes nejpoužívanější systémy patří např. Informix, Oracle a Progress

6.1. SPOLEČNÉ RYSY

- jsou založeny na relačním datovém modelu (RDM)
- podporují transakční zpracování
- umožňují zakládat tzv. distribuované databáze
- podporují strukturu klient/server
- poskytují řadu prostředků pro vývoj aplikací, tzv. CASE nástroje (CASE = Computer Aided Software Engineering)
- jsou dostupné na řadě platform, tzn. mohou běžet na různorodém hardwaru pod nejrozličnějšími operačními systémy
- jsou schopny zpracovat data i z jiných DBS

6.2. DATABÁZOVÝ SYSTÉM INFORMIX

Prostředky dodávané jako součást systému Informix lze rozdělit do následujících tří kategorií:

- prostředky "v popředí", tzn. ty, které jsou v bezprostředním styku s uživatelem
- prostředky "v pozadí", které obsluhují zpracování dat v databázi - hlavně na serveru
- nadstavbové prostředky zaměřené na určitou aplikační oblast

6.3. DATABÁZOVÝ SYSTÉM ORACLE

Pro vývoj DBS ORACLE byla stanovena tři základní kritéria:

- využití jazyka SQL jako základního komunikačního prostředku uživatele se systémem,
- využití jazyka C jako jediného implementačního prostředku; v některých případech (s ohledem na následující kritérium) to vedlo k nutnosti vytvořit vlastní kompilátor jazyka C pro určitou platformu,
- implementace DBS ORACLE do prostředí všech komerčně úspěšných počítačových struktur, operačních systémů a počítačových sítí.

DBS ORACLE je plně postaven na relačním modelu dat a je vhodný jak pro faktografické, tak pro dokumentové aplikace. Kromě základních funkcí poskytuje řadu prostředků a služeb, které usnadňují život programátorům i uživatelům.

Systém ORACLE má spoustu předností, např. v oblasti transakčního zpracování je považován za světový standard. Tyto přednosti se ovšem odrážejí v cenové oblasti.

Mnoho úsilí při vývoji systému ORACLE bylo zaměřeno na efektivitu. Nabízené prostředky se dělí do následujících skupin:

- prostředky pro efektivní vývoj aplikací
- prostředky pro efektivní běh aplikací

Naléhavost vývoje prostředků druhé skupiny ukazuje zajímavý fakt, citovaný ve firemních materiálech: „uvádí se, že uživatel relačního databázového systému zatěžuje výpočetní systém 6 až 10 krát více než uživatel, který zpracovává své úlohy pomocí klasických metod zpracování dat“.

6.4. DATABÁZOVÝ SYSTÉM PROGRESS

DBS Progress je plně postaven na relačním modelu dat. Podobně jako systémy Informix a ORACLE poskytuje kromě základních funkcí řadu prostředků a služeb, které usnadňují život programátorům i uživatelům.

Také systém Progress je vybudován na struktuře klient/server. Podporuje vytváření distribuovaných databází (aplikace může pracovat až s 240 databázemi), umožňuje multiuživatelský přístup, on-line zálohování, dvoufázový commit, automatizované obnovení databáze po havárii atd.

DBS Progress je ze všech uváděných systémů nejmladší, a proto obsahuje některé komponenty, které se objevily v oblasti DBS až v poslední době. K nejvýznamnějším z nich patří tzv. data dictionary - slovník dat. Slovník dat centralizuje popisy dat, usnadňuje jejich údržbu a umožňuje zadat globální integritní omezení, která jsou při přístupu k datům automaticky kontrolována.

Integrální součástí Progressu je i vlastní editor, což usnadňuje interaktivní vývoj aplikací. Progress má vlastní 4GL jazyk, který je navržen tak, aby nebylo nutné používat klasické (3GL) jazyky. Vytváří tedy kompletní vývojové prostředí. [7,9,10]

6.5. SHRnutí

Databáze v pravém slova smyslu je prostorem obsahujícím data, případně ještě metadata – data o datech nesoucí například informace o struktuře databázových tabulek. Není to tedy ve skutečnosti konkrétní programový produkt, databáze není ani Oracle Database 10g, ani Sybase ASE 15, IBM DB2 či MS SQL Server 2005. A to ani přes to, že se o jednotlivých produktech významných databázových firem můžeme dočíst jako o databázích. Ve skutečnosti se jedná o databázové platformy.

Stejně tak databázové servery představují "pouze" základní část databázových platforem starající se o správu (uložení, serverové zpracování) dat a komunikaci s okolím ve všech typech vícevrstevných architektur. [11]

7. APLIKACE OFFICE ACCESS

Ke zpracování databázového systému, který je součástí této práce, byla vzhledem k dřívějším zkušenostem zvolena Aplikace Office Access. Tomuto systému je tedy v práci věnována větší část.

7.1. USPOŘÁDÁNÍ DATABÁZE

V aplikaci Microsoft Office Access jsou informace uspořádány do tabulek: seznamy řádků a sloupců připomínají účetní knihu nebo list aplikace Microsoft Office Excel. Jednoduchá databáze může obsahovat pouze jednu tabulku, u většiny databází se však pracuje s vyšším počtem tabulek.

Jednotlivé řádky se nazývají také záznamy a jednotlivé sloupce pole. Záznam představuje účelný a konzistentní způsob kombinování informací. Pole jsou jednotlivé položky informací – typ položky, který se zobrazuje v každém záznamu. Každý sloupec nebo pole ukládá určitý typ informací.

7.2. PROCES NÁVRHU

Proces návrhu databáze podléhá určitým zásadám.

7.2.1. Zásady

První zásadou je, že udržování duplicitních informací (neboli redundantních dat) není vhodné, protože taková data zabírají místo a zvyšují pravděpodobnost vzniku chyb a nekonzistencí.

Druhou zásadou je zachování správnosti a úplnosti informací. Jestliže databáze obsahuje nesprávné informace, budou všechny sestavy, které čerpají informace z databáze, obsahovat také nesprávné údaje. Výsledné rozhodnutí založené na takových sestavách bude chybné.

Dobrý návrh databáze se vyznačuje následujícími vlastnostmi:

- rozděluje informace do tabulek podle předmětů, aby nedocházelo ke vzniku duplicitních dat,
- podle potřeby poskytuje aplikaci Access informace požadované ke spojení informací v tabulkách,
- pomáhá podporovat a zajišťovat přesnost a celistvost informací,
- přizpůsobí se vašim potřebám zpracování dat a vytváření sestav.

7.2.2. Proces

Proces návrhu se skládá z následujících kroků:

- Určení účelu databáze (tato část je přípravou na další kroky).
- Vyhledání a uspořádání požadovaných informací (shromáždění všechny typů údajů, které budou zaznamenány do databáze).
- Rozdělení informací do tabulek (rozdělení jednotlivých údajů do hlavních skupin či předmětů).
- Převod jednotlivých informací do sloupců (Rozhodnutí, jaké informace budou uloženy v jednotlivých tabulkách. Každý údaj tvoří pole a je zobrazen jako sloupec v tabulce).
- Zadání primárních klíčů (pro každou tabulku se volí primární klíč. Jedná se o sloupec, který slouží k jednoznačné identifikaci jednotlivých řádků).
- Vytvoření relací mezi tabulkami (objasnění relací, popřípadě přidání polí nebo i vytvoření ještě dalších tabulek).
- Úprava návrhu (analýza návrhu, vyhledání chyb a zjišťování, zda databáze odpovídá požadavkům a představám)
- Použití normalizačních pravidel (kontrola strukturování tabulek a případná oprava).

7.3. TVORBA DATABÁZE

7.3.1. Určení účelu databáze

Vhodným prvním krokem je sepsání účelu databáze na papír — k čemu bude databáze sloužit, jak a kdo ji bude využívat. Popis by měl obsahovat informace o tom, kdy a jak budou jednotliví uživatelé databázi používat.

Výsledkem by měl být dobře sestavený plán, do kterého bude možné nahlédnout v průběhu celého procesu návrhu. Díky tomu bude snazší soustředit se při rozhodování na požadované cíle.

7.3.2. Vyhledání a uspořádání požadovaných informací

Při vyhledávání a uspořádávání požadovaných informací je nejlépe začít se stávajícími údaji. Nejprve se shromáždí všechny dokumenty a vytvoří se seznam jednotlivých typů informací, které budou v databázi použity. Každá z těchto informací představuje potenciální sloupec v tabulce.

V přípravné fázi nemusí být seznam perfektní. Důležitější je uvést každou položku, která bude v databázi požadována jakýmkoliv uživatelem.

Dále je třeba zvážit, jaké typy sestav nebo korespondence se budou z databáze vytvářet.

Vhodným postupem je sestavit prototyp jednotlivých sestav nebo výstupních seznamů a zvážit, jaké položky budou do sestavy zahrnuty.

Důležitou skutečností je, že jednotlivé informace by měly být rozděleny do co nejmenších použitelných částí.

Po shromáždění těchto informací se přechází k dalšímu kroku.

7.3.3. Rozdělení informací do tabulek

Při rozdělování informací do tabulek je třeba zvolit hlavní entity neboli předměty.

Získá se tak vhodný výchozí bod. Seznam potřebných bodů v databázi lze upravovat, dokud nevznikne takový návrh databáze, který bude plně vyhovovat představám tvůrce a také potřebám budoucích uživatelů.

Pokud je údaj uveden na více místech, ve více tabulkách, může při změně údaje dojít k opomenutí u některého z výskytů. V rámci databáze se tedy údaj vyskytuje

pouze v jednom místě, v jedné tabulce, což zjednodušuje situaci. Uživatele při vyvolávání potřebných dat tento fakt nijak neomezuje, neboť správným provázáním může být údaj vyvoláván z libovolných míst, aniž by byl vícekrát ukládán. Pokud se tedy jeden údaj vyskytuje na více místech, je třeba jej umístit do samostatné tabulky a tu pak s dalšími provázat.

Jakmile je zvolen předmět, který je představován tabulkou, měly by sloupce v této tabulce ukládat pouze údaje o daném předmětu. Při určování sloupců v tabulce je třeba rozhodnout, které informace o předmětu zaznamenaném v tabulce budou sledovány.

Po stanovení počáteční sady sloupců pro jednotlivé tabulky je možno dále sloupce upravovat. Pro vyhledávání, filtrování nebo třídění je třeba mít informace uloženy v co nejvíce samostatných sloupcích.

7.3.4. Několik tipů pro určení sloupců

- Nezahrnovat vypočtená data:

Ve většině případů platí, že do tabulek by se neměly ukládat výsledky výpočtů.

- Ukládání informací do nejmenších logických celků:

Jestliže je v jednom poli zkombinováno více druhů informací, bude později obtížné získat jednotlivé údaje. Je třeba rozdělit informace do logických celků. Po úpravě sloupců dat v jednotlivých tabulkách se pro každou tabulku zvolí primární klíč.

7.3.5. Zadání primárních klíčů

Každá tabulka by měla obsahovat sloupec nebo sadu sloupců, které jednoznačně určují jednotlivé řádky uložené v tabulce. Často se jedná o jedinečný identifikační klíč.

V databázové terminologii se tento údaj nazývá primární klíč tabulky. Aplikace Access používá pole s primárními klíči k rychlému přidružení dat z různých tabulek a shrnutí dat. Pokud již existuje jedinečný identifikátor tabulky, který určuje jednotlivé produkty v katalogu, je možno tento identifikátor použít jako primární klíč tabulky, avšak pouze v případě, že hodnoty v tomto sloupci budou u jednotlivých

záznamů vždy odlišné.

Jako primární klíč nemohou sloužit duplicitní hodnoty. Vzhledem k tomu, že jména nejsou jedinečná, není vhodné používat jako primární klíč jména osob.

Primární klíč musí vždy obsahovat hodnotu. Jestliže může dojít k situaci, kdy hodnota sloupce nebude přiřazena nebo bude neznámá (chybějící hodnota), nelze tuto hodnotu použít jako součást v primárním klíči.

Hodnota primárního klíče by se neměla měnit. V databázi, která používá více tabulek, může primární klíč tabulky sloužit jako odkaz do jiných tabulek. Pokud se primární klíč změní, musí se změna projevit také na všech místech, která se na klíč odkazují. Použití neměnného primárního klíče snižuje pravděpodobnost, že by došlo ke ztrátě synchronizace primárního klíče s dalšími tabulkami. Často je jako primární klíč použito libovolné jedinečné číslo.

Pokud se přímo nenaskytne sloupec nebo sada sloupců, které by mohly představovat vhodný primární klíč, je možno použít sloupce s datovým typem „Automatické číslo“. V takovém případě přiřadí aplikace Access automatickou hodnotu. Takový identifikátor neobsahuje žádné faktické údaje, které by popisovaly příslušný řádek. Bezobsažné identifikátory představují ideální primární klíče, neboť nebývá důvod k jejich změnám.

V některých případech je možno použít dvě či více polí, které budou společně tvořit primární klíč tabulky. Pokud primární klíč používá více sloupců, nazývá se také složený klíč.

7.3.6. Vytvoření relací mezi tabulkami

Když jsou informace rozděleny do tabulek, je třeba najít účelný způsob, jak znovu sestavit informace dohromady. Následující formulář například obsahuje informace z několika tabulek.

Aplikace Access je systém pro správu relačních databází. V relační databázi jsou informace rozděleny do samostatných tabulek podle předmětu. Pomocí relací mezi tabulkami je pak možno seskupit informace dohromady tak, jak je třeba.

- **Vytvoření relace typu 1:N**

Pro každý záznam z jedné tabulky může existovat celá řada záznamů z jiné tabulky. Základem pro spojování souvisejících tabulek je vytvoření dvojic primárních a cizích klíčů.

- **Vytvoření relace typu N:N**

Pro každý záznam v jedné tabulce může existovat mnoho záznamů v tabulce další. A naopak - pro každý záznam z další tabulky může existovat celá řada záznamů v první tabulce. Ke zjištění relace typu N:N mezi tabulkami je důležité vzít v úvahu obě strany relace.

Tabulky provázané relací N:N představují problém. Mnohem efektivnější je vytvořit třetí tabulku, která se často nazývá spojená tabulka, jež rozdělí relaci typu N:N na dvě relace typu 1:N. Primární klíč z těchto dvou tabulek se vloží do třetí tabulky.

- **Vytvoření relace typu 1:1**

Dalším typem relace je 1:1. Je možno mít také informace, které se používají méně často než ostatní a také nejsou přiřazeny ke všem informacím ve výchozí tabulce. Tyto doplňující informace se proto umísťují do samostatné tabulky. Použije se stejný primární klíč jako u výchozí tabulky. Relace mezi touto doplňkovou tabulkou a tabulkou výchozí je 1:1.

Pro každý záznam v tabulce výchozí existuje jeden odpovídající záznam v doplňkové tabulce. Při určování relace musí obě tabulky sdílet společné pole.

7.3.7. Úprava návrhu

Po vytvoření tabulek, polí a relací se doporučuje vyzkoušet práci s informacemi, např. vytvořit dotazy, přidat nové záznamy, a další činnosti. Tím je možno vyvarovat se potenciálních problémů. Důležité je, zda databáze umožňuje získání požadovaných odpovědí.

7.3.8. Použití normalizačních pravidel

Jako další krok v návrhu lze použít normalizační pravidla dat (nazývaná někdy také pouze normalizační pravidla). Pomocí těchto pravidel je možno zjistit, zda jsou tabulky správně strukturovány. Proces použití pravidel u návrhu databáze se nazývá normalizace databáze, nebo pouze normalizace.

Normalizace je nejužitečnější až v té chvíli, kdy existují všechny položky informací a předběžný návrh. Jejím účelem je pomoci zajistit, že jsou položky informací rozděleny do příslušných tabulek. Normalizace však nemůže zajistit, že jsou shromážděny všechny správné datové položky.

Pravidla je třeba používat postupně. Díky tomu každý krok zajistí, aby návrh odpovídal jednotlivým „normalizačním formulářům“. Všeobecně je k dispozici pět normalizačních formulářů. První tři formuláře jsou vyžadovány u většiny návrhů databáze.

- **První normalizační formulář**

První normalizační formulář stanovuje, že v každém průsečíku řádku a sloupce v tabulce existuje jedna hodnota, a nikdy seznam hodnot.

- **Druhý normalizační formulář**

Druhý normalizační formulář vyžaduje, aby byl každý sloupec (který není klíčem) plně závislý na celém primárním klíči, nikoli pouze na jeho části. Toto pravidlo se týká i primárních klíčů, které jsou tvořeny více sloupci.

- **Třetí normalizační formulář**

Třetí normalizační formulář vyžaduje, aby byl na primárním klíči závislý nejenom každý sloupec, který netvoří klíč, ale také aby byly jednotlivé sloupce tvořící klíč na sobě navzájem nezávislé.

7.4. SOUČÁSTI DATABÁZE APLIKACE ACCESS

7.4.1. Tabulky

Databázová tabulka se vzhledem podobá běžné tabulce, především tím, že data jsou uložena v řádcích a sloupcích. Díky tomu je obvykle poměrně snadné importovat jakoukoliv tabulku do databázového systému. Hlavní rozdíl mezi uložením dat v tabulce a jejich uložením v databázi je způsob jejich uspořádání.

Má-li být maximálně využita flexibilita databáze, je třeba data uspořádat do tabulek tak, aby nedocházelo k redundancím.

Každý řádek v tabulce se nazývá záznam. Právě v záznamech jsou uloženy jednotlivé informace. Záznam se skládá z jednoho nebo více polí. Pole odpovídají sloupcům v tabulce.

7.4.2. Formuláře

Formuláře se někdy označují jako obrazovky pro zadávání dat. Jedná se o rozhraní, pomocí kterých lze pracovat s daty a která často obsahují tlačítka provádějící různé příkazy. Databázi lze vytvořit bez použití formulářů, a to jednoduše tak, že se upraví data v tabulkách. Většina uživatelů databází však dává při zobrazování, zadávání a úpravách dat v tabulkách přednost formulářům.

Formuláře poskytují snadno použitelný formát pro práci s daty a lze u nich použít další funkční prvky, jako jsou příkazová tlačítka. Tlačítka lze naprogramovat tak, aby určovala, jaká data se zobrazí ve formuláři, otevírala jiné formuláře či sestavy nebo prováděla celou řadu dalších úloh. Formuláře také umožňují řídit způsob, jakým uživatelé pracují s daty v databázi. Lze například vytvořit formulář, který zobrazuje pouze určitá pole a umožňuje provedení pouze určitých operací. To pomáhá chránit data a zajistit jejich správné zadání.

7.4.3. Sestavy

Pomocí sestav se data v tabulkách sumarizují a prezentují. Sestava obvykle odpovídá na konkrétní otázku, která by mohla uživatele jako výstup zajímat. Každou sestavu lze formátovat tak, aby informace prezentovala nejprůhlednějším možným

způsobem.

Sestavu lze spustit kdykoli a bude vždy odrážet aktuální stav dat v databázi. Sestavy jsou obvykle formátovány k vytištění, lze je však také prohlížet na obrazovce, exportovat do jiné aplikace nebo odeslat jako e-mailovou zprávu.

7.4.4. Dotazy

Dotazy odvádějí v databázi hlavní část práce a mohou vykonávat mnoho různých funkcí. Jejich nejobvyklejší funkcí je načítání specifických dat z tabulek. Data, která mají být zobrazena, jsou obvykle rozmístěna do několika tabulek a dotazy umožňují jejich zobrazení v jediném datovém listu. Protože zároveň obvykle nebývá žádoucí vidět všechny záznamy najednou, umožňují dotazy přidání kritérií pro filtrování dat na přesně ty záznamy, které jsou požadovány. Dotazy často slouží jako zdroj záznamů pro formuláře a sestavy.

Některé dotazy jsou aktualizovatelné, to znamená, že lze prostřednictvím datového listu dotazu upravovat data v základních tabulkách. Při práci v takovém dotazu, je třeba mít na paměti, že změny se ve skutečnosti provádějí v tabulkách, nikoli pouze v datovém listu dotazu.

Dotazy existují ve dvou základních variantách.

- Výběrový dotaz jednoduše načítá data a zpřístupňuje je pro použití. Výsledky dotazu lze zobrazit na obrazovce, vytisknout nebo zkopírovat do schránky. Případně je možno výstup dotazu použít jako zdroj záznamů pro formulář nebo sestavu.
- Akční dotaz, jak naznačuje jeho název, provádí s daty nějakou úlohu. Akční dotazy lze použít k vytváření nových tabulek, přidání dat do existujících tabulek, aktualizaci dat nebo jejich odstranění.

7.4.5. Makra

Makra v aplikaci Access si lze představit jako zjednodušený programovací jazyk, který lze použít k přidání funkcí do databáze. Makro lze například připojit k příkazovému tlačítku ve formuláři, takže se bude spouštět při každém klepnutí na tlačítko. Makra obsahují akce provádějící úlohy, například otevření sestavy, spuštění dotazu nebo uzavření databáze. Pomocí maker lze automatizovat většinu ručně prováděných operací v databázi, což může přinést významnou úsporu času.

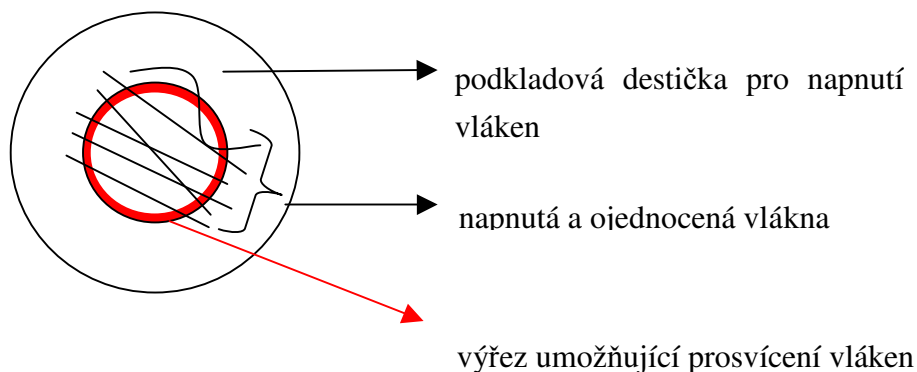
7.4.6. Moduly

Stejně jako makra představují moduly objekty, které lze použít k přidání funkcí do databáze. Zatímco makra vytváříte v aplikaci Access výběrem ze seznamu akcí maker, moduly se vytvářejí v programovacím jazyce. Modul je kolekce deklarací, příkazů a procedur, které jsou uloženy společně jako jednotka. Modulem může být buď modul třídy, nebo standardní modul. Moduly třídy jsou připojeny k formulářům nebo sestavám a obvykle obsahují procedury, které jsou specifické pro daný formulář nebo sestavu. Standardní moduly obsahují obecné procedury, které nejsou spojeny s žádným jiným objektem. [7,13]

8. PRAKTICKÁ ČÁST

8.1. PŘÍPRAVA PREPARÁTŮ

Příprava vzorků pro podélné zkoumání laserovým konfokálním mikroskopem není nijak složitá. Tento způsob pozorování nevyžaduje žádnou přílišnou přípravu. Je jen nutno zkoumaná vlákna napnout tak, aby jejich část byla ve volném prostoru (obr. 7). Tato oblast, kde jsou vlákna napnutá a co nejlépe ojednocena, se pak položí na plošinu mikroskopu tak, aby volným prostorem s napnutými vlákny mohlo procházet světlo.

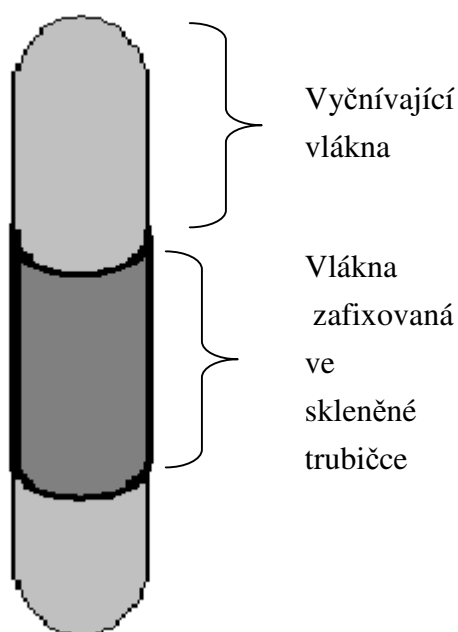


7. schéma vzorku připraveného pro snímání podélného pohledu na vlákno pod Laserovým konfokálním mikroskopem

Poněkud složitější je u laserového konfokálního mikroskopu příprava vláknenných řezů. Vzorek sice může být poměrně tlustý, avšak z vrchní části nesmí být vlákna ničím zakryta ani nijak poškozena. Každé sebemenší poškození, či překrytí jinou látkou se promítne na snímku řezu.

V našem případě byla vlákna namočena v epoxidové pryskyřici a zafixována do tenké skleněné trubičky o délce cca 3cm a průměru cca 0,5cm. Tento způsob se však neosvědčil, neboť i po třídním tuhnutí byla epoxidová pryskyřice na vláknech příliš pružná a při vybrušování by na vláknech mohly vznikat velmi nežádoucí rýhy. Proto

bylo zvoleno, jako další prostředek zafixování vláken do trubiček, lepidlo DURCUPAN. Toto čtyř fázové lepidlo již vyžaduje náročnější přípravy. Vlákná se musí nejprve důkladně vyprat v acetonu a poté louhovat ve čtyřech fázích různého poměru lepidla, pokaždé po cca 30 minutách. Po nasáknutí čtvrtou, nejsilnější fází lepidla je pak třeba vzorky 48 hodin sušit ve stabilní teplotě 50 – 60°C.



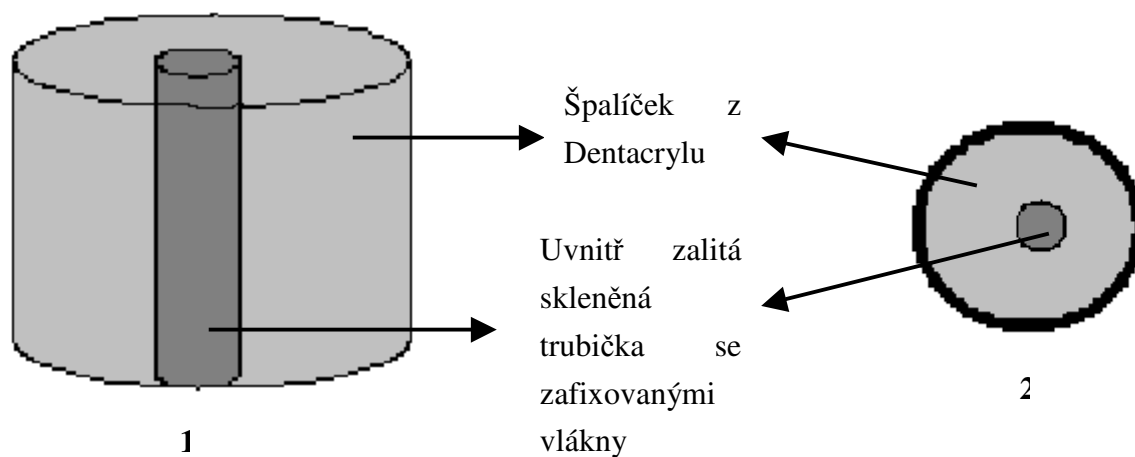
8. schéma fixace vlákna do skleněné trubičky při přípravě řezu vlákna

Po vytvrdnutí byly ořezány konce vzorků tak, aby zůstala pouze vlákna zafixovaná ve skleněné trubičce (obr. 8). Délka vzorku tak činila asi 2cm. Ořez byl prováděn na speciální pile (obr. 9). Tato pila je umístěna v laboratoři katedry Textilních materiálů Textilní fakulty Technické univerzity v Liberci, stejně tak, jako ostatní přístroje používané k uskutečnění této práce. Při řezání bylo nutno dbát zvýšené opatrnosti, neboť při upevňování skleněné trubičky do držáku pily několikrát trubička praskla. Pak bylo nutno opakovat celý proces fixace vlákna.



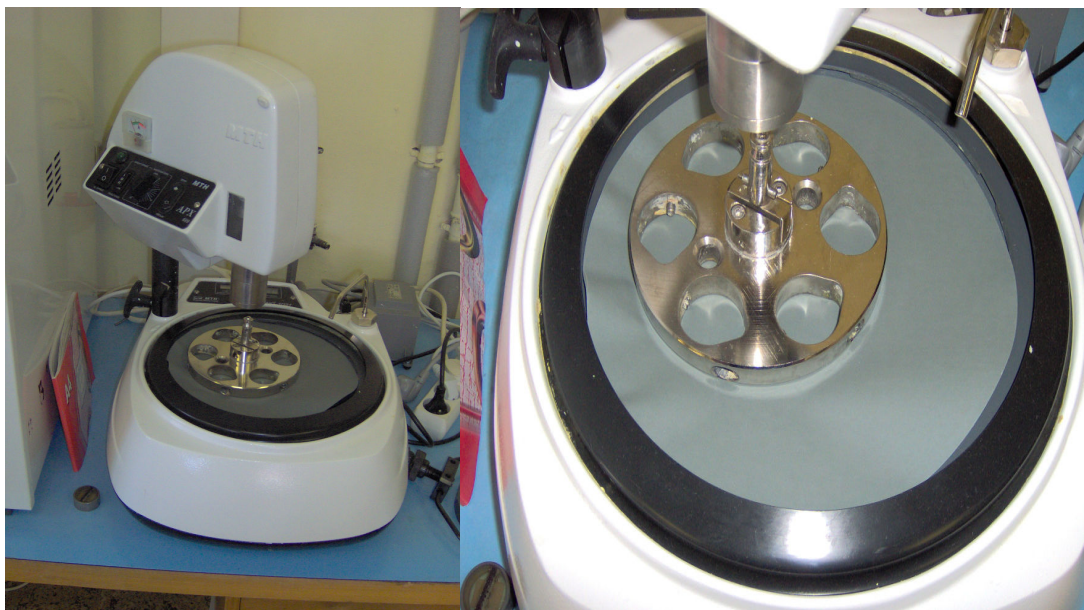
9. speciální pila na KTM 1

Vzorky vlákna zafixované v trubičce a zkrácené asi na 1cm pak byly ještě zality do Dentacrylu, čímž vznikly stabilní špalíčky vhodné pro výbrus (obr. 10).



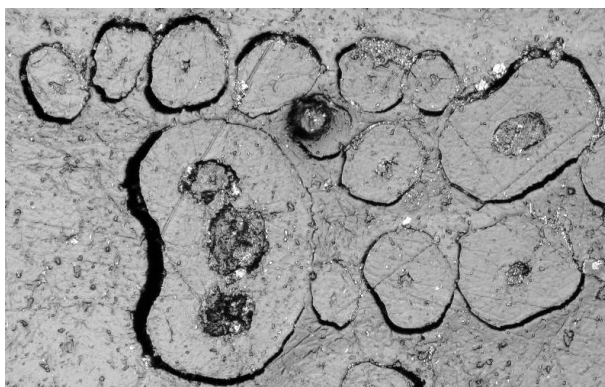
10. schémata (1 - podélný pohled, 2 - řez) vzorku připraveného pro snímání řezu vlákna pod Laserovým konfokálním mikroskopem

Na kotoučové brusce (obr.11) se pak brousilo postupně na dvou smirkových papírech od nejhrubšího čísla 400, přes čísla 600 a 1200 až po nejjemnější papír čísla 2000. Poté se ještě vzorky doleštily na diamantové pastě, taktéž ve dvou fázích na hrubší a ve třech fázích na nejjemnější.



11. kotoučová bruska pro výbrus vzorků (dolešťování řezů)

Některé tyto vzorky pak ještě ovšem bylo nutno znovu přebrousovat nejjemnější pastou, aby na vzorcích bylo skutečně co nejméně viditelných rýh (obr.12). Ovšem i tak, jsou stopy po broušení patrné.



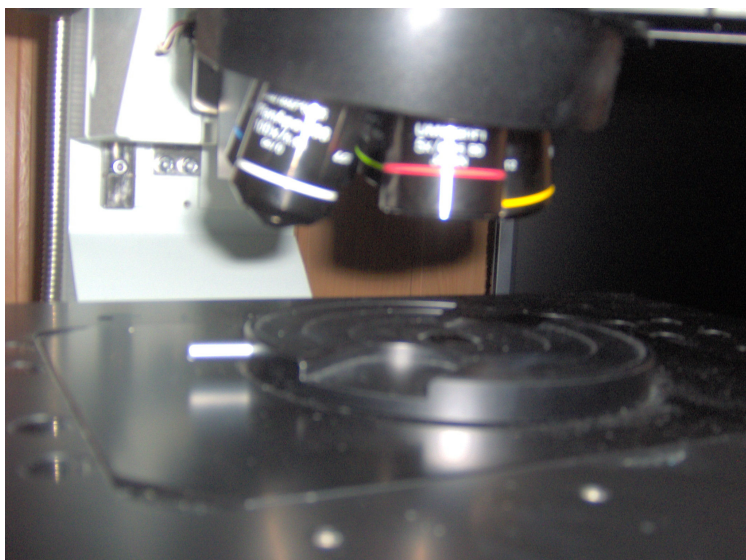
12. snímek příčného řezu vlákna z Laserového konfokálního mikroskopu (srst králíka angorského)

8.2. POZOROVÁNÍ

Samotné pozorování vzorků potom probíhalo taktéž na Katedře textilních materiálů Textilní fakulty Technické univerzity v Liberci na konfokálním laserovém mikroskopu (obr.13,14). Tento je z důvodu co největší stability prostředí během měření umístěn v téměř samostatné temné laboratoři.



13. Laserový konfokální mikroskop LEXT OLS 3000 na KTM



14. Detail objektivů Laserového konfokálního mikroskopu

Samotný přístroj společně s monitorem je umístěn na hydraulickém stole. Veškeré ovládání probíhá pomocí počítačového programu. Pouze pohyb zařízení, na kterém je umístěn vzorek, je ovládán joistikem umístěným hned vedle zařízení.

Intenzitu světla je kromě jemného programového ladění možno doladit také ručně, díky malému přístroji ovládajícímu právě světlo vysílané na vzorek (obr. 15).



15. světelný zdroj OLYMPUS

8.3. PROBLÉMY PŘI SNÍMÁNÍ

Během snímání vzorků může docházet k mnoha chybám, které jsou zapříčiněny z větší části nepozorností či neodborností operátora. Tyto chyby pak velice snižují kvalitu výsledného obrazu a častokrát jej mohou zcela zničit.

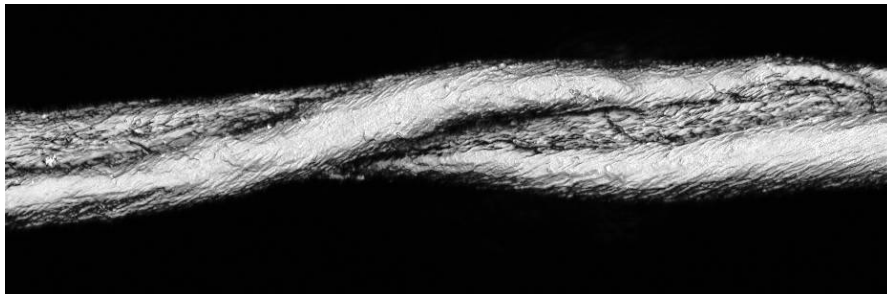
Velkou výhodou laserového konfokálního mikroskopu je nedestruktivní činnost a je tedy možno snímání, i ve stejném bodě, opakovat dokud nezískáme snímek požadované kvality, či zobrazující požadované jevy.

Na vzorku je vhodné nejprve vybrat vhodné místo ke vzorkování, postupně jej zvětšovat a také průběžně zaostřovat.

V konfokální rovině snímku je pak třeba nastavit intenzitu světla a současně s tím dolní a horní hranici snímané roviny.

Ideální snímek

Při snímkování nevznikly žádné nedosnímkované, přesvícené či podsvícené oblasti. Mikroskop byl nastaven do ideálních podmínek. Snímalo se při maximálním zvětšení ($\times 100$), ve 3D zobrazení a v kvalitě FINE. (obr.č.16)



16. snímek kvality FINE

Přesvícení snímku

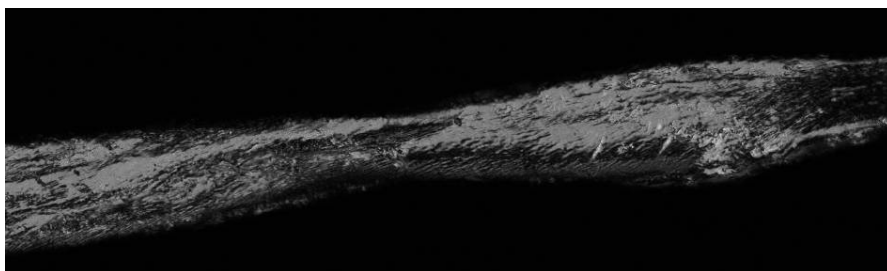
V tomto případě bylo při snímání použito příliš mnoho vyzařovaného světla a to pak i při správném nastavení spodní a horní hranice snímání způsobuje nízkou kvalitu snímku. Přílišné množství odraženého světla téměř zcela zakrývá strukturu vlákna. (obr.č.17)



17. přesvícený snímek

Podsvícení snímku

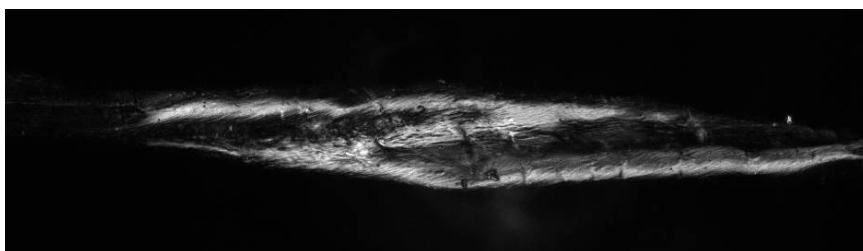
V tomto případě je naopak nasvícení vzorku nedostatečné a mohou tak vznikat místa, která jsou příliš tmavá a nelze na nich jasně rozpoznat, zda se jedná o strukturu vlákna, či jen nedostatečné proniknutí světla. (obr.č.18)



18. podsvícený snímek

Nedoskenování snímku

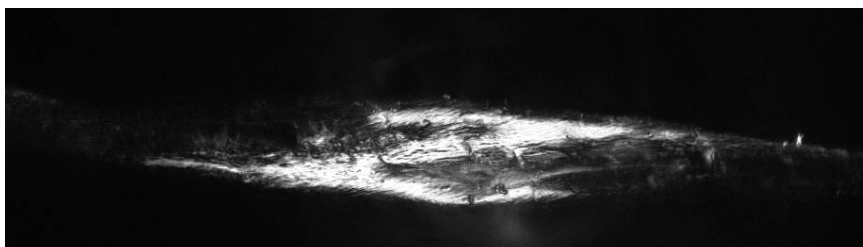
Při zcela správném nastavení světla jsou špatně zvoleny hranice skenování roviny. Díky tomu pak na snímku vzniká tzv. “černá díra“, místo, které již není skenováno, ale náleží ještě ke skenované rovině. (obr.č.19)



19. nedoskenovaný snímek

Skenování funkcí STEP

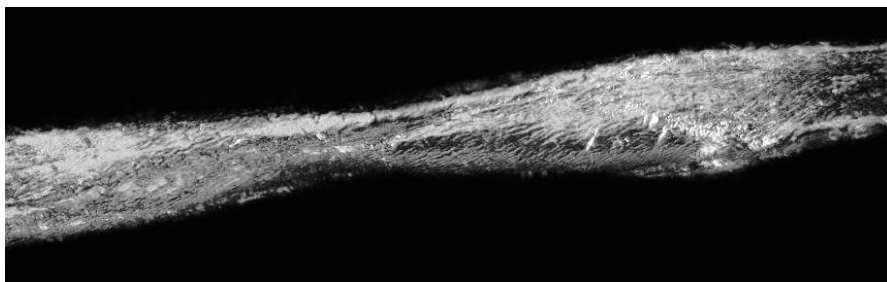
Použití této funkce umožňuje skenovat jen velmi malou oblast. Obraz bývá kvalitní, ale většinu dochází k velkému nedoskenování, neboť počet vyžadovaných kroků by výrazně převyšoval možné rozhraní. (obr.č.20)



20. snímek skenovaný metodou STEP

Skenování funkcí FAST

Jedná se o zcela správné snímkování, které však snímá cca o ½ bodů méně. Tím je snímání rychlejší, ale také s nižším rozlišením.(obr.č.21)



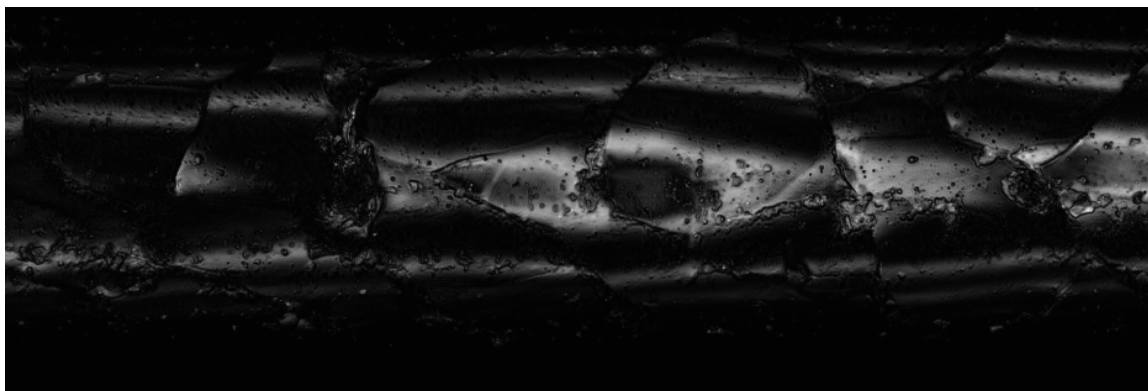
21. snímek skenovaný metodou FAST

8.4. SNÍMKOVÁNÍ METODOU STEP

Při vytváření snímku je možno použít metodu step, která snímkuje jen velmi malou oblast dat. Lze zde snímkovat v několika krocích oblast okolo středové hodnoty nasvícení vlákna (jak je vidět v ukázce výše), ale lze také postupovat ručním nastavením od nejspodnějších rovin až k snímku kvality FINE. [4]

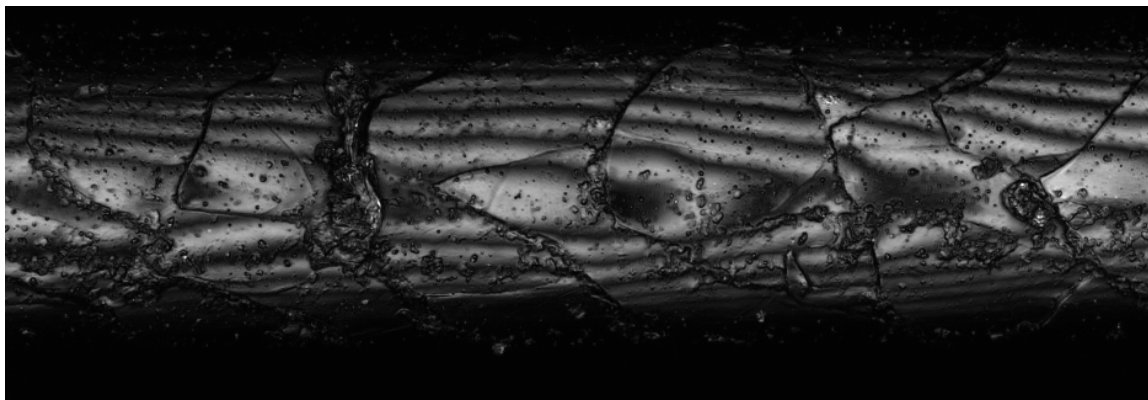
V našem pokusu bylo snímkováno vlákno mohérové vlny a to od nejspodnější roviny steps 10, po 10 krocích až do steps 201, dále pak steps 251 a 301. Kvality FINE tento snímek dosahuje při steps 375.

Steps 10



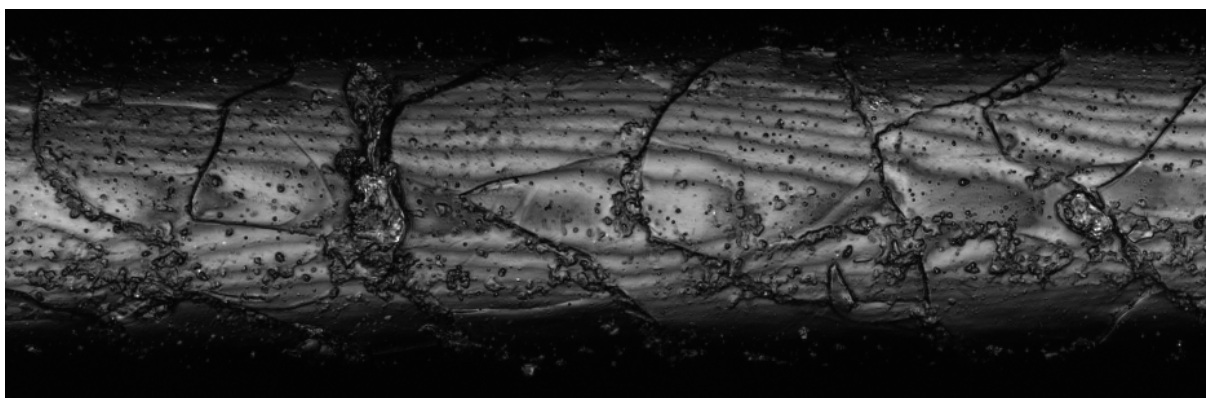
22. snímek skenovaný při steps 10

Steps 20



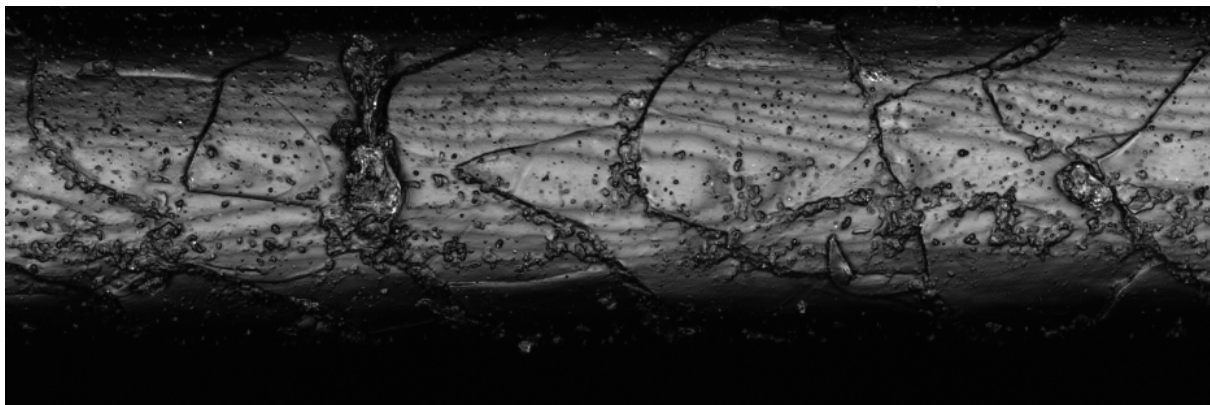
23. snímek skenovaný při steps 20

Steps 30



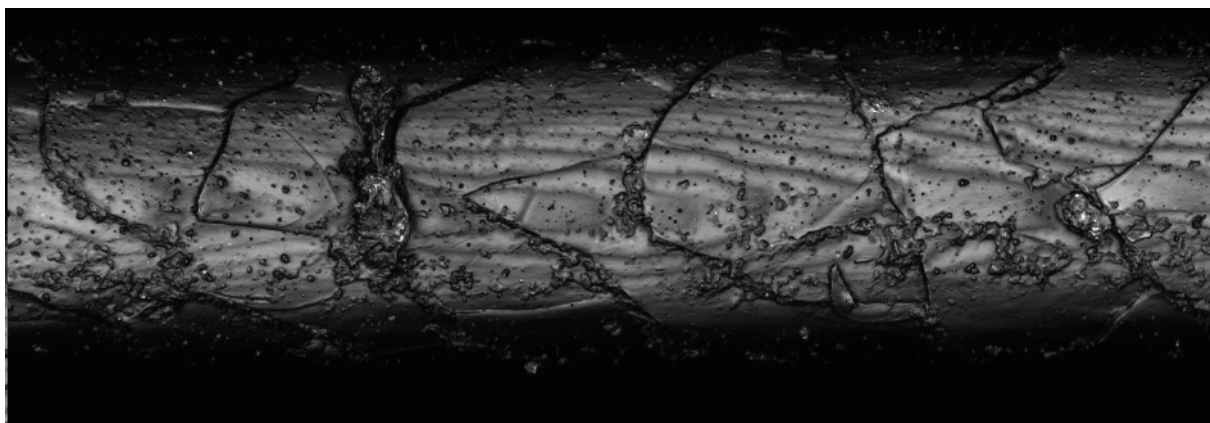
24. snímek skenovaný při steps 30

Steps 40



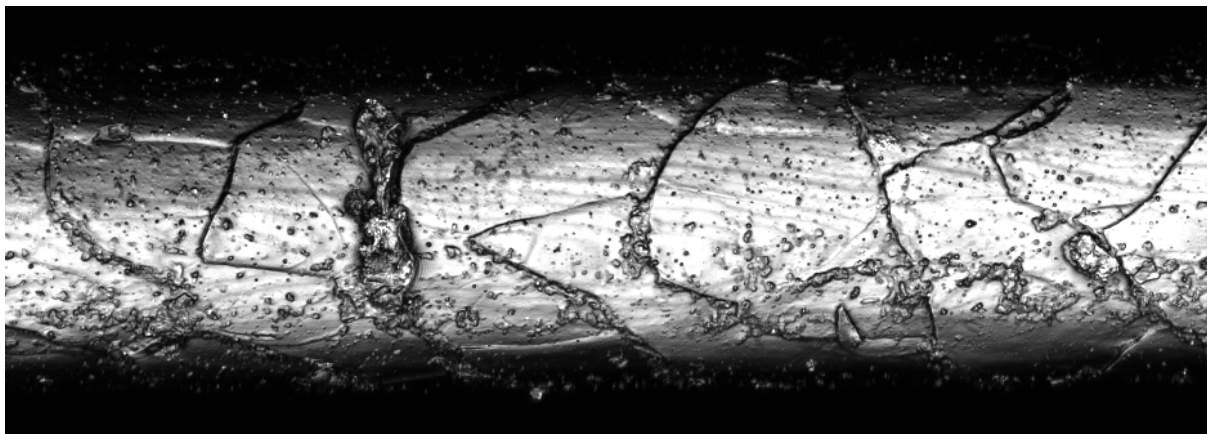
25. snímek skenovaný při steps 40

Steps 50



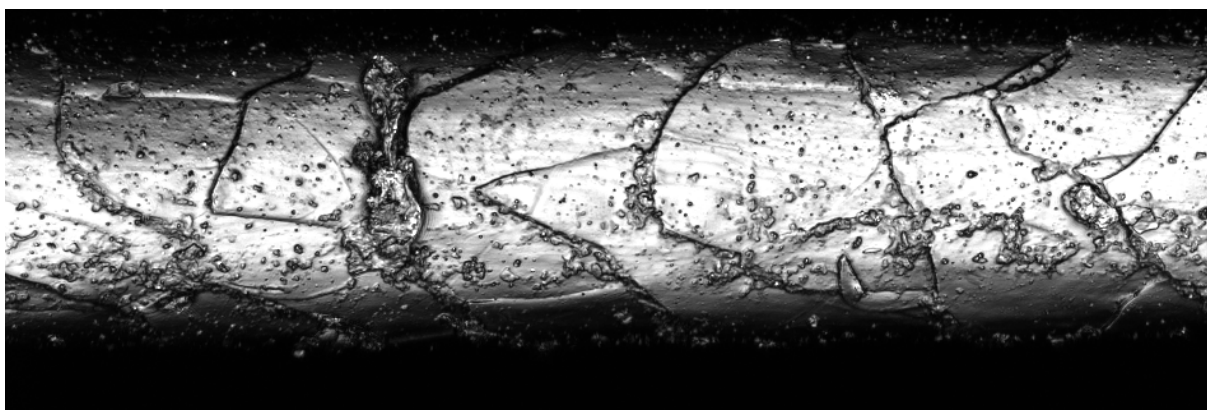
26. snímek skenovaný při steps 50

Steps 60



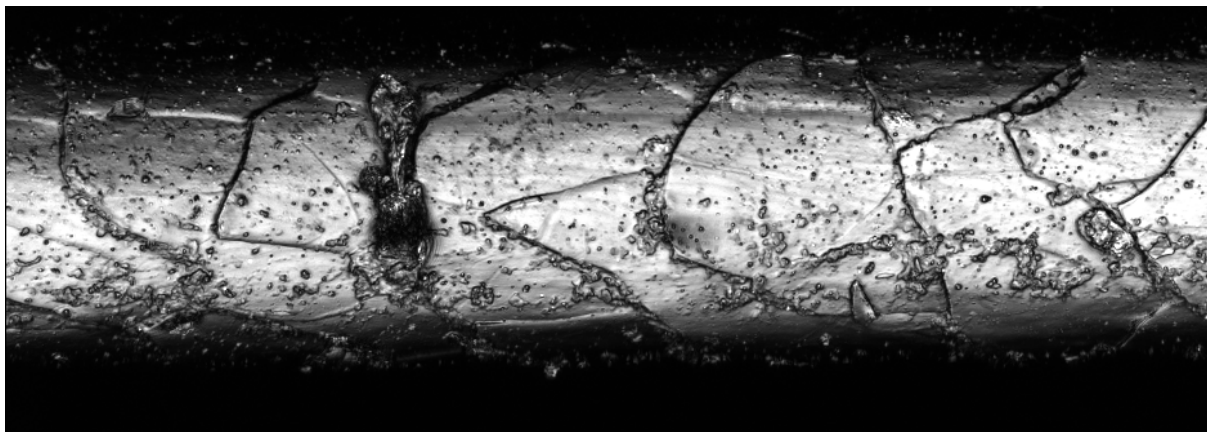
27. snímek skenovaný při steps 60

Steps 71



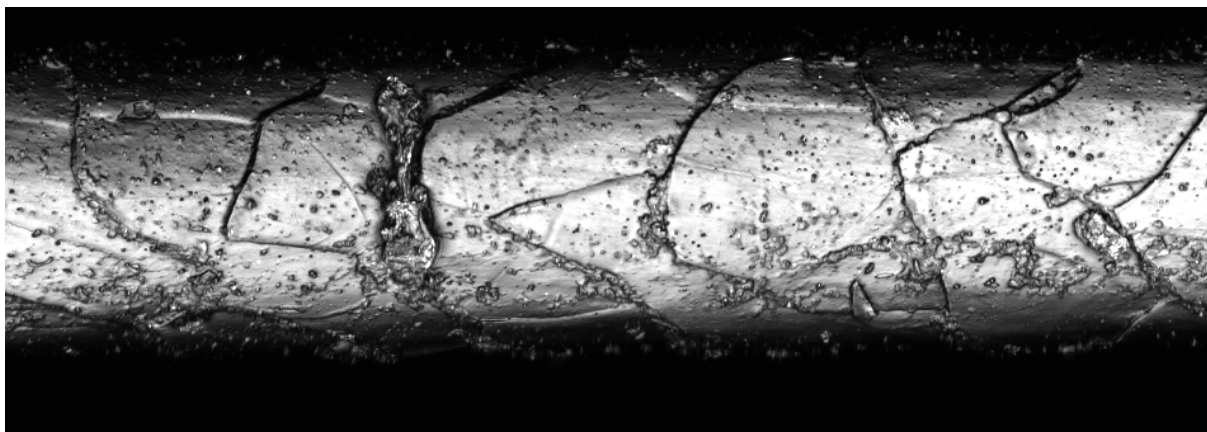
28. snímek skenovaný při steps 71

Steps 83



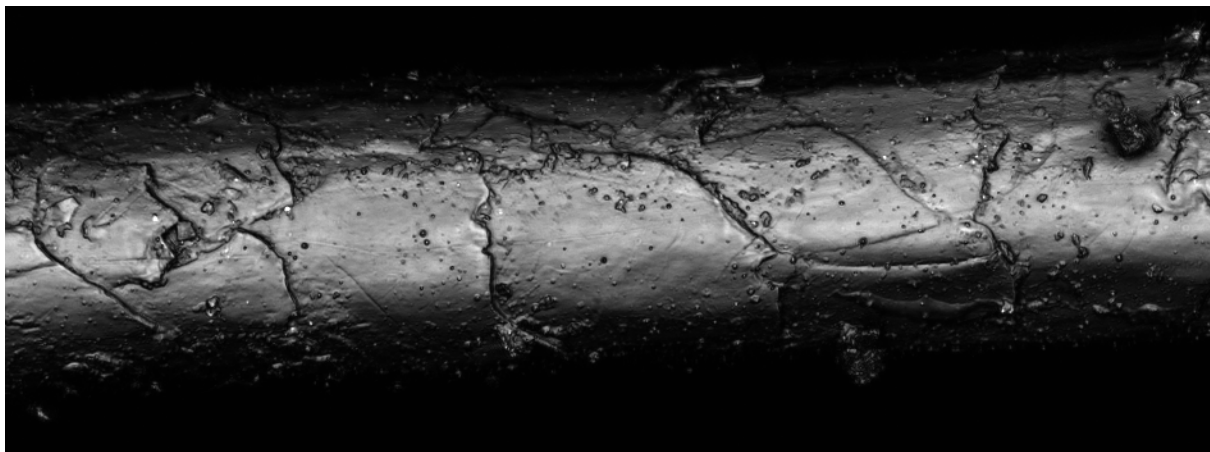
29. snímek skenovaný při steps 83

Steps 92

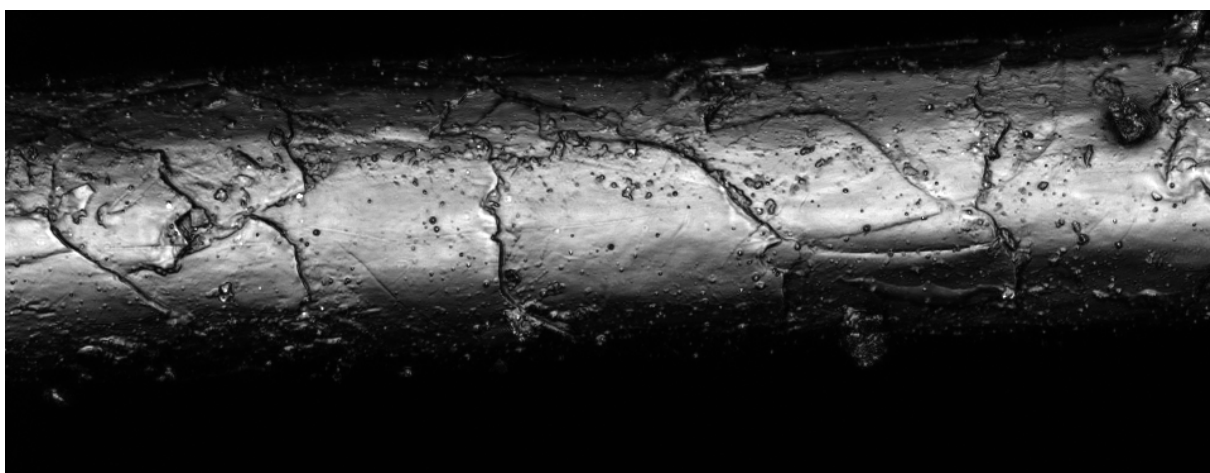


30. snímek skenovaný při steps 92

Steps 101

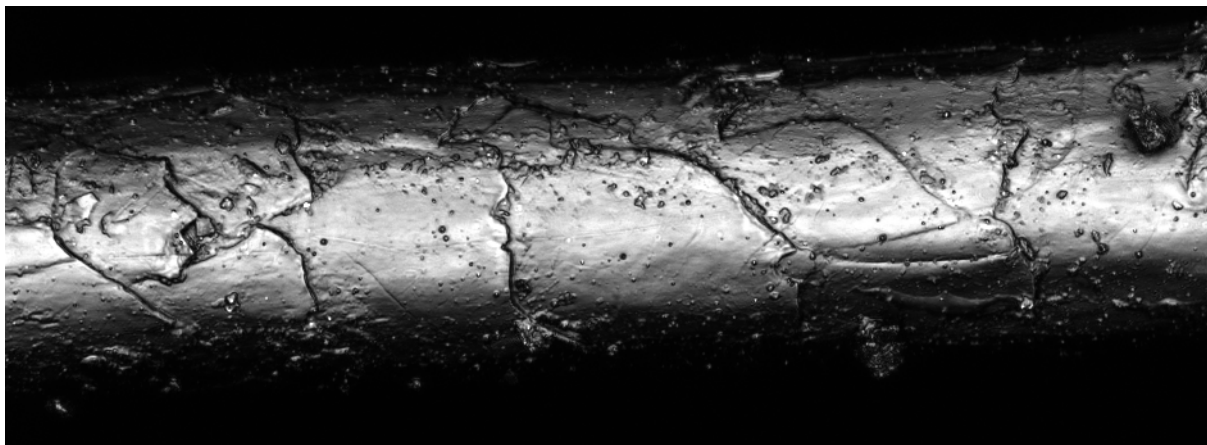


Steps 117



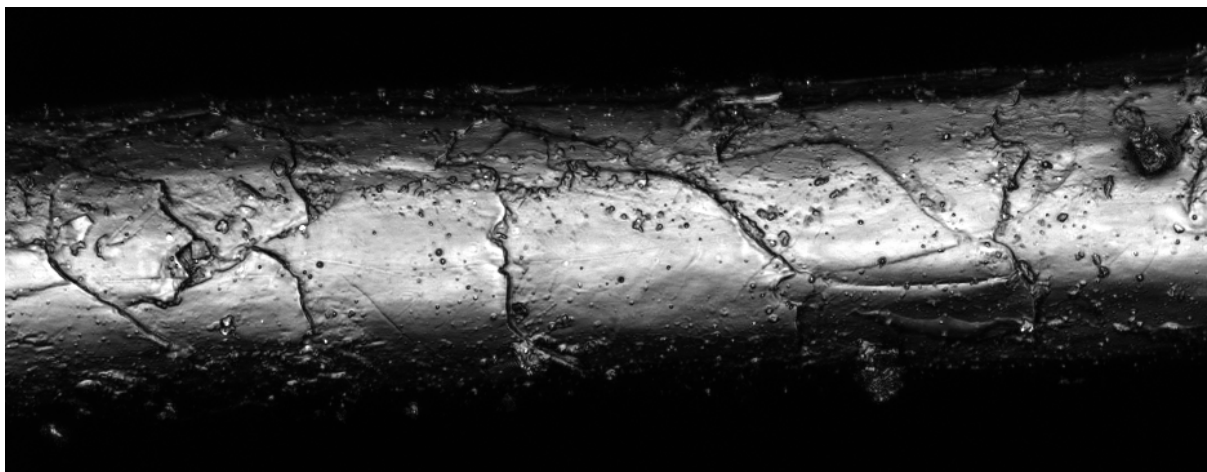
32. snímek skenovaný při steps 117

Steps 126



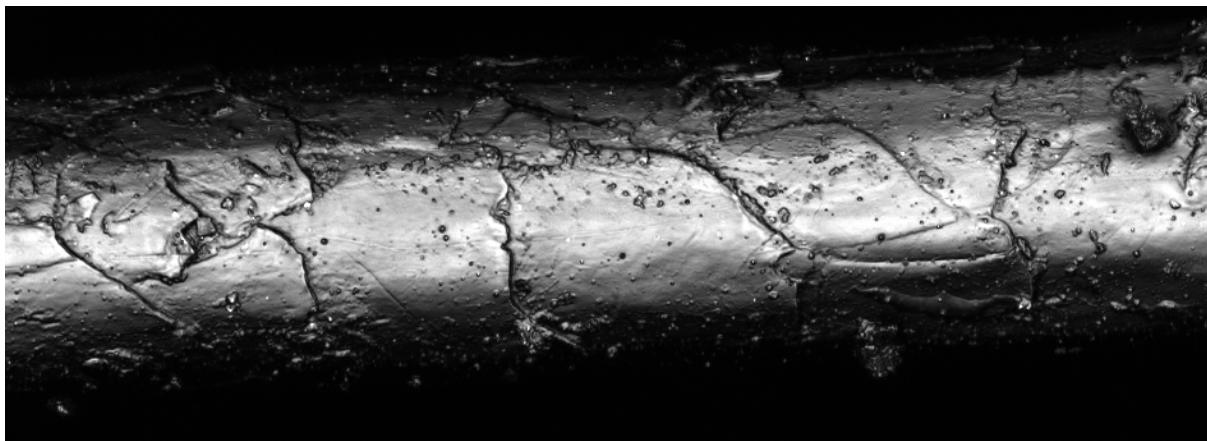
33. snímek skenovaný při steps 126

Steps 138



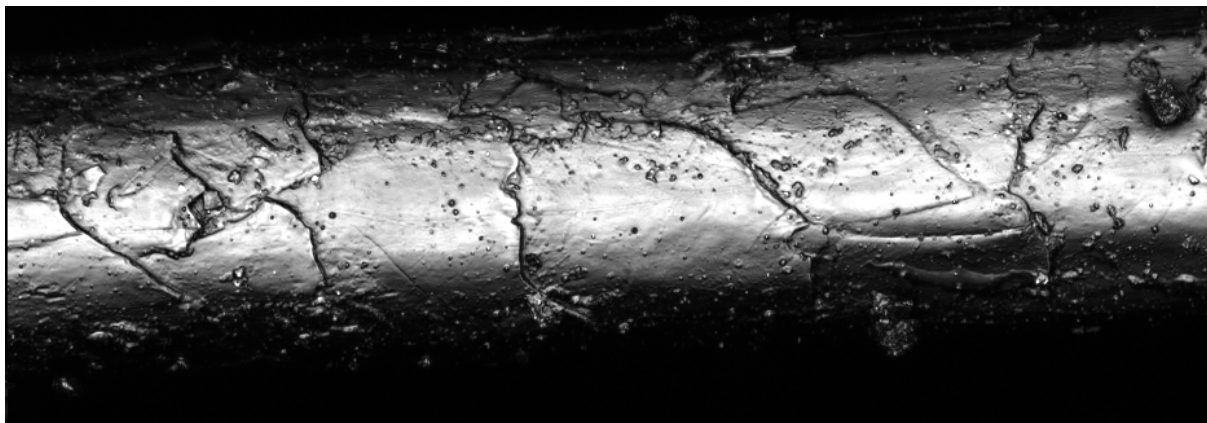
34. snímek skenovaný při steps 138

Steps 151



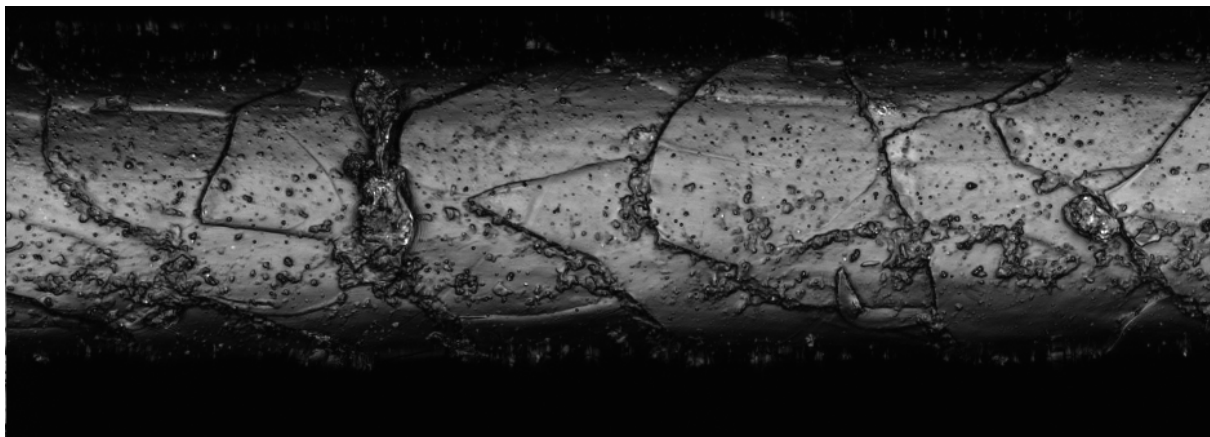
35. snímek skenovaný při steps 151

Steps 168



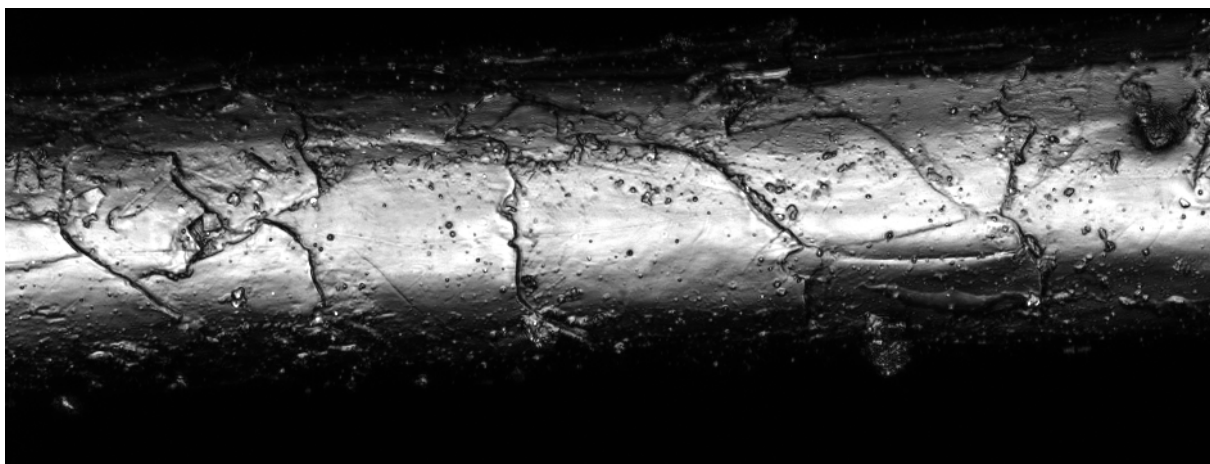
36. snímek skenovaný při steps 168

Steps 201



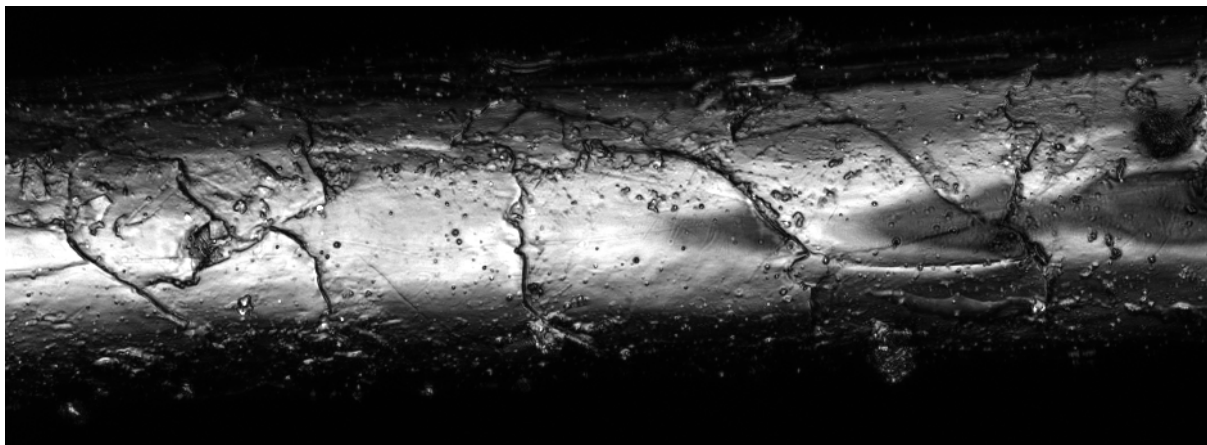
37. snímek skenovaný při steps 201

Steps 251



38. snímek skenovaný při steps 251

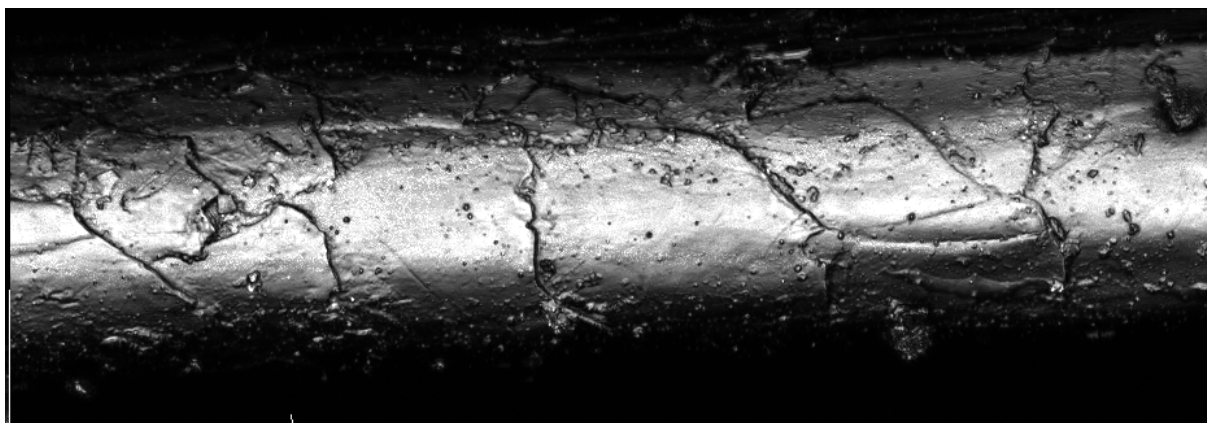
Steps 301



39. snímek skenovaný při steps 301

8.5. FINE

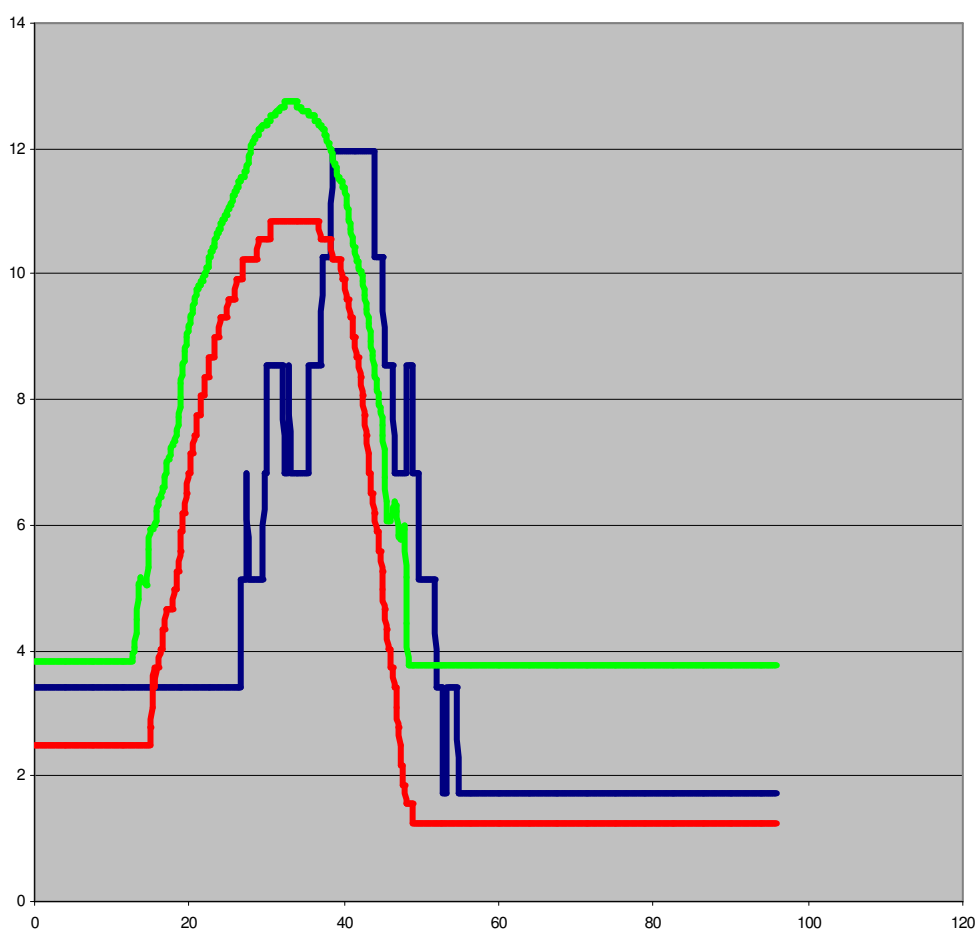
Pro srovnání je zde na ukázku snímek kvality FINE, který je skenován v rozsahu 375 steps.



40. snímek naskenovaný s kvalitou FINE

8.6. VLIV POČTU KROKŮ NA SNÍMÁNÍ

Jak bylo možno vidět na předchozích obrázcích, počet snímacích kroků hraje výraznou roli během snímání. Počet kroků přímo ovlivňuje kvalitu získaného obrazu. Výškové hodnoty (z) zachycené na grafu 1 zachycují data získaná při předchozím skenování. Pro názornost je ukázáno skenování počty kroků 10, 50 a 201. Křivky grafu ukazují, jak při nízkém počtu kroků vzniká během snímání neucelený obraz ukazující jasně hranice mezi jednotlivými rovinami sledovaného vzorku. S počtem skenovacích kroků se obraz zaostřuje a vyhlazuje. Jak je patrné z grafu při skenování 201 krokem, je již obraz zaostřený a „vyhlazený“. Při snímání tímto počtem kroků je již tedy obraz vysoce kvalitní, bez ostrých rozhraní.



Graf 1 - Vliv počtu kroků na snímání

9. DISKUSE

Při snímání metodou STEP je možno pozorovat jak se vzorek mění s každým novým snímkem. Počáteční snímky s malým počtem skenovacích kroků jsou velmi tmavé a nejasné. Jsou zde vidět pouze výrazná místa na pozorovaném vlákne.

Jak postupně narůstá počet skenů u jednotlivých snímků, začínají se zaostřovat obrysy vlákna, vykreslovat jeho struktura.

U sledovaného mohérového vlákna se od STEPS 20 -60 projevoval dosti výrazný moaré efekt, který zkresluje pohled na strukturu skenovaného vlákna. Může zakrývat některé drobné detaily na povrchu vzorku. Tento efekt začíná ve STEPS 73 ustupovat, až se vytrácí úplně na snímku skenovaném počtem kroků 101.

U STEPS 101 a 201 se projevilo nečekané ztmavení vlákna. Příčina tohoto jevu nebyla přesně určena. Jednou z možností může být fakt, že vlákna během skenování nezůstávají v klidu. Působí na ně teplo ze světelného zdroje a také podmínky z okolí mikroskopu. Působení světla se projevuje nahříváním vlákna, které se pak samovolně mírně pohybuje. I přesto, že tedy snímání těchto vzorků bylo prováděno za absolutně stejných podmínek a na stejném místě vlákna, došlo zřejmě k neznatelnému pohybu. Dalším negativním vlivům okolí také nelze stoprocentně zabránit, ovšem lze je omezit skenováním v uzavřené místnosti, minimálním pohybem v okolí mikroskopu apod. Tato opatření se samozřejmě dodržovala i při snímání vzorků pro tuto práci.

Při snímání metodou STEPS je možno získat mnoho důležitých informací o struktuře a povrchu vlákna. Na základě těchto informací lze dále vyhodnotit pravděpodobné vlastnosti sledovaných vzorků.

Data získaná při snímání v rámci této práce byla použita k vyhodnocení drsností vlákna.

10. DRSNOST

Během snímání byla sledována drsnost povrchu vzorku v závislosti na počtu skenovacích kroků. V každé rovině v každé rovině je možno zaznamenávat tyto základní ukazatele pro vyhodnocování drsnosti vlákna.

- Maximální výška vrcholu křivky drsnosti – R_p
- Maximální hloubka sedla křivky drsnosti – R_v
- Maximální výška drsnosti – R_z
- Aritmetická střední drsnost – R_a
- Střední kvadratická drsnost – R_q
- Střední délka prvků křivky drsnosti – R_{Sm}
- Střední kvadratický sklon křivky drsnosti – R_{dq}

[13]

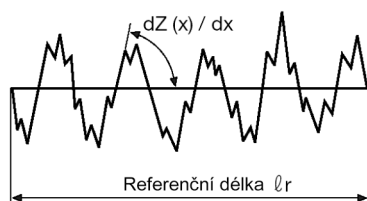
V tomto případě se hodnoty z každého vzorku získávaly v pěti různých místech. Vždy se jednalo o posunutí osy snímku do bodů:

tabulka 1

1	512	256	768	1024
---	-----	-----	-----	------

Pro účely této práce má vypovídající hodnotu pouze střední kvadratický sklon křivky drsnosti. Jeho průběh je zaznamenán v následující podkapitole.

10.1. STŘEDNÍ KVADRATICKÝ SKLON KŘIVKY DRSNOSTI



41. střední kvadratický sklon křivky drsnosti

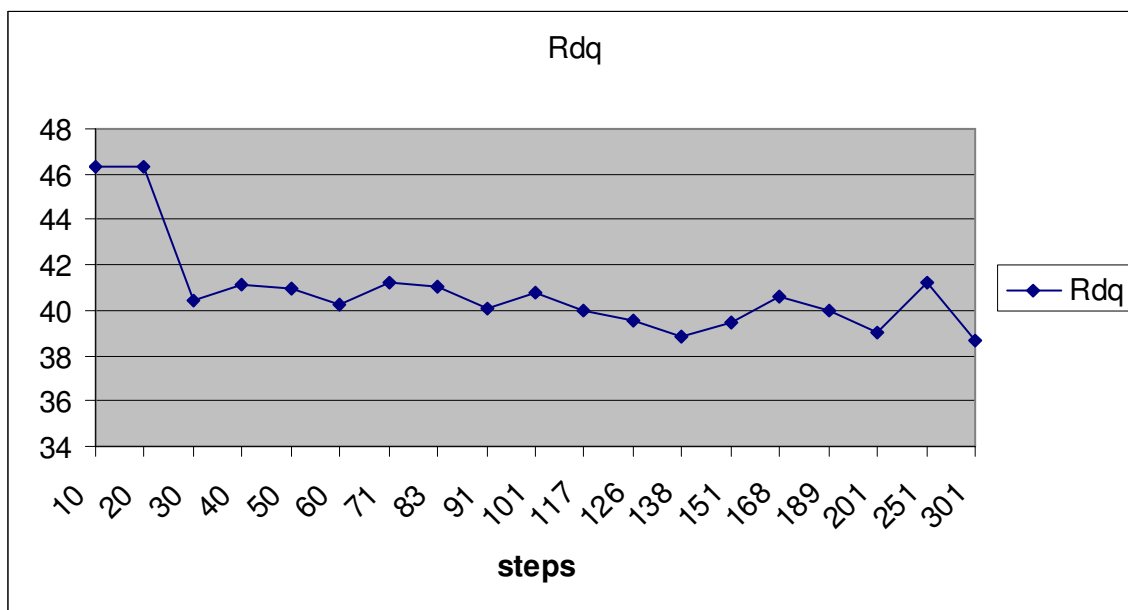
$$R\Delta q = \sqrt{\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} \left(\frac{dZ(x)}{dx} \right)^2 dx}$$

Rovnice 1

Při pozorování kvadratického sklonu křivky drsnosti je sledováno, v jakém úhlu je stoupání křivky drsnosti od její průměrné hodnoty. Tedy jak prudce přichází změna na povrchu vlákna.

tabulka 20

steps	10	20	30	40	50	60	71
Rdq	46,29318	46,29318	40,40136	41,10544	40,95524	40,26498	41,2192
steps	83	91	101	117	126	138	
Rdq	41,06856	40,03994	40,79834	39,97532	39,55962	38,80732	
steps	151	168	189	201	251	301	
Rdq	39,45816	40,5718	39,96424	39,02634	41,24952	38,66226	



Graf 2 – střední kvadratický sklon křivky drsnosti

Na grafu je viditelné, jak s přibývajícím počtem kroků při skenování nastávají změny na povrchu pozvolněji. Pouze v některých místech hodnoty vystupují z této tendence, zřejmě z důvodu větší nerovnosti či vady.

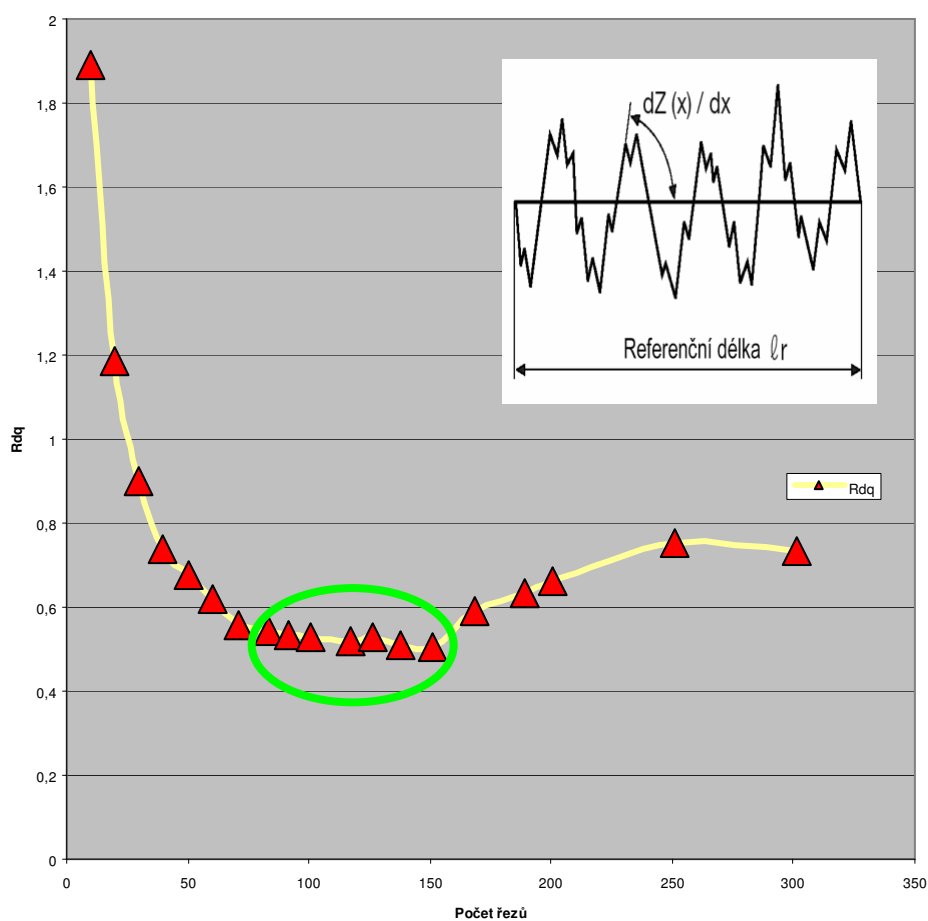
11. DISKUSE

Drsnost je jeden z podstatných ukazatelů pro hodnocení vláken. Pokud je známa drsnost vlákna, lze předpokládat i jeho další vlastnosti a z toho vycházet při zpracování i dalším použití vláken a výrobků z nich.

Komplexní ukazatel vyjadřující drsnost vlákna je spojením právě křivky maximálního vrcholu a sedla. Nazývá se maximální křivka drsnosti a zachycuje právě největší rozdíl mezi vrcholem a sedlem křivky. Ukazuje tedy, zda je povrch vlákna v jedné rovině nebo je členěný a jak potom lze z grafu vyčíst i v jaké míře se členitost pohybuje a zda se nejedná pouze o osamocený jev způsobený např. vadou na vlákne či při snímání.

Střední kvadratická drsnost vyjadřuje s porovnáním s průměrnou aritmetickou hodnotou křivky drsnosti odchylku od hladkého povrchu vlákna. Podle velikosti, případně skoků této odchylky, lze charakterizovat vlákno jako spíše hladké či spíše členitého povrchu. Eventuálně lze opět odhalit vady apod.

Pokud sledujeme tendenci grafu v závislosti na počtu skenovacích kroků zjistíme, že snímku v dostačující kvalitě dosahujeme již při počtu skenů 169. S dalším zvyšováním počtu skenovacích kroků se již snímek víceméně pouze prosvětluje. Tento jev je jasně viditelný na následujícím grafu (Graf 3)



Graf 3 - Střední kvadratický sklon křivky drsnosti

Tento graf znázorňuje vývoj středního kvadratického sklonu křivky drsnosti v závislosti na počtu řezů prováděných během skenování vlákna. Jak již bylo zmiňováno výše, s přibývajícím počtem kroků při skenování, dochází ke změnám výsledného obrazu pozvolněji. Pokud pak počet skenovacích kroků přesáhne hranici ideálního počtu, dochází znovu k výraznějším rozdílům na výsledném obraze.

Z grafu lze tedy vyčíst, jaký je ideální počet skenovacích kroků při pozorování stanoveného vzorku. V tomto případě se optimum jeví v zeleně označené oblasti, tedy při počtu řezů cca 70 – 170. Při vyhodnocování se tedy za optimum považují hodnoty, kde je výsledný sklon křivky minimální, přibližující se přímce. Zde tedy vzniká ucelený obraz, který při dalších snímcích v této oblasti počtu skenů již výrazněji nemění podobu. Jedná se tedy o rozmezí počtu skenů, při kterých vzniká ideální obraz.

12. DATABÁZE VLÁKEN

Tato databáze vláken byla navržena tak, aby především sloužila k zobrazení a porovnání různých druhů mikroskopických snímků základních vláken. Velký důraz při zpracování byl kladen na jednoduchost a snadnou orientaci. Pro doplnění databáze jsou uvedeny i základní vlastnosti vláken a některé výpočty.

12.1. PRÁCE S DATABÁZÍ VLÁKEN

V databázi se lze snadno orientovat pomocí záložek, z nichž si uživatel vybere typ vláken která si přeje zobrazit (živočišná, rostlinná, chemická). Pod touto záložkou už má možnost vybírat z celkové nabídky vláken v této kategorii.

Jedním kliknutím na název vlákna si otevře příslušný formulář, na němž už má celý přehled informací o daném vlákně. Především tedy všechny snímky, které se k vláknu vztahují. Pro přehlednost jsou v tomto základním formuláři snímky poměrně malé, uživatel si však může kterýkoliv snímek kliknutím na obrázek zvětšit.

Pod snímkovou částí jsou pak uvedeny základní informace o vlákně a také odkaz na textový dokument vhodný pro tisk.

Poslední záložka pak zobrazí formulář obsahující vzorce pro výpočty některých důležitých vlastností vláken.

13. ZÁVĚR

Laserová konfokální mikroskopie přinesla mnohá nová poznání nejen v oblasti biologie a zdravotnictví, ale i v textilním materiálovém inženýrství. Jedná se svým způsobem o zcela odlišné snímky než jaké lze získat z jiných, běžně užívaných, mikroskopů, jako je například klasický světelný či elektronový mikroskop.

Konfokální mikroskop je schopen při správném nastavení a použití poskytnout uživateli dokonalé snímky ve 3D zobrazení a to i se sebemenšími detaily a současně také data pro vyhodnocování drsnosti povrchu sledovaného vlákna.

Velkou výhodou určitě je nenáročnost přípravy vzorků pro podélné pohledy. Jedinými podmínkami zde je, aby bylo vlákno ve vzorku napnuté a vzorek nebyl ani z jedné strany překryt. Oproti tomu je poměrně náročná, a to i časově, příprava řezů vláken. Tento postup byl v práci blíže popsán.

V případě konfokálního mikroskopu je velmi důležité i umístění přístroje a podmínky v jeho okolí. Tím, že vzorek nebývá ničím zakryt, působí na něj veškeré vlivy okolí. Je proto například velmi obtížné opakovat měření, neboť vlákno na vzduchu a pod osvětlením určitým způsobem pracuje.

Databáze, která je připojena k této práci je založena právě na snímcích základních vláken, ale zmiňuje také základní vlastnosti. Zpracování bylo provedeno vzhledem ke zkušenostem v Aplikaci Access. Cílem databáze byla pochopitelnost a jednoduchost užívání pro každého, kdo hledá především mikroskopické snímky jednotlivých vláken. Vhodná je např. pro studenty prvních ročníků, kteří se teprve seznamují s vlákny a učí se rozpoznávat je pod mikroskopem.

Výhodou tohoto programu je poměrně snadná tvorba a rozšiřování databáze. Také pro uživatele by měl být tento druh databáze přehledný. V celé databázi se lze pohybovat jen několika málo kliknutími.